

**Univerzita Karlova v Praze**

**Přírodovědecká fakulta**

**Katedra učitelství a didaktiky chemie**

**Studijní program: Vzdělávání v chemii**



**CHEMICKÉ EXPERIMENTY S PŘÍRODNÍMI LÁTKAMI SE ZAMĚŘENÍM NA  
VZDĚLÁVÁNÍ**

CHEMICAL EXPERIMENTS WITH NATURAL COMPOUNDS ORIENTED ON  
EDUCATION

Disertační práce

Mgr. Michala Opatová

Školitelka disertační práce: RNDr. Simona Hybelbauerová, PhD.

Konzultantka disertační práce: Doc. RNDr. Helena Klímová, CSc.

Praha, 2014

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem svou disertační práci ani žádnou její podstatnou část nepředložila k získání jiného či stejného akademického titulu. Prohlašuji, že jsem svou disertační práci vypracovala samostatně a výhradně s použitím citované literatury.

Souhlasím se zapůjčením své disertační práce pro studijní účely.

V Praze 30. 6. 2014

Mgr. Michala Opatová



**Abstrakt:** Zařazení experimentů do výuky chemie je žádoucí a téma přírodní látky navíc umožňuje propojení chemie s biologií a látkami z běžného života. Tato disertační práce pojednává o experimentech s přírodními látkami, o jejich využití v rámci projektové výuky, na vzdělávacích a popularizačních akcích pořádaných Univerzitou Karlovou v Praze. Součástí práce je rešerše vybraných středoškolských učebnic a odborných publikací, kde se vyskytují přírodní látky. Je zařazeno dotazníkové šetření, na základě kterého byly vyhodnoceny názory středoškolských učitelů na výše uvedenou problematiku a byla připravena sbírka s návody na experimenty. Hlavní částí práce je podrobný popis experimentů doplněný fotografiemi a informacemi k vybraným přírodním látkám. Doplnění tématu tvoří návrhy na exkurze se zaměřením na přírodní látky a projektovou výuku, kde se vyskytují i návody na experimenty s přírodními látkami.

Celá práce přináší nový pohled na experimenty s přírodními látkami, ve smyslu pátrat po jednotlivých složkách ve směsi, zjišťovat složení potravinářských a drogistických výrobků nejen pomocí chromatografie.

**Klíčová slova:** experimenty, přírodní látky, střední školy, projektová výuka, dotazníkové šetření

**Abstract:** Inclusion of experiments into tuition of chemistry is required and a topic of natural compounds enables combination of chemistry with biology and subjects of common life. This dissertation concerns experiments with natural compounds, their utilization within project education at educational and popularizing events which are held by Charles University in Prague. Researches of selected secondary textbooks and professional publications are parts of the thesis. A questionnaire survey is also included on which basis opinions of secondary teachers were evaluated. A collection of instruction in the experiments was prepared. The main part of the thesis is focused on detailed description of experiments supplemented with pictures and information about selected natural compounds. A proposal to educational excursions focused on natural compounds and project tuition is also included.

The whole thesis bring a new look into experiments with natural compounds in sense of searching individual compounds in blends, discovering composition of food processing products not only by chromatography.

**Key words:** experiments, natural compounds, high schools, education in projects, questionnaire survey

Na tomto místě bych chtěla poděkovat především mé školitelce RNDr. Simoně Hybelbauerové, Ph.D. za odbornou pomoc s náměty na experimenty, přípravou na konference a tvorbou sbírky. Také děkuji konzultantce Doc. RNDr. Heleně Klímové, CSc. za cenné rady k disertační práci a sbírce experimentů. Velké poděkování patří i rodině, která mě podporovala při studiu a sepisování závěrečné práce. Jsem vděčná za pracovní zkušenosti na Gymnáziu v Horních Počernicích v Praze. A v neposlední řadě děkuji všem učitelům zapojených do dotazníkového šetření.

# OBSAH

---

<b>1</b>	<b>ÚVOD .....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>CÍLE PRÁCE.....</b>	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY .....</b>	<b>13</b>
<b>3.1</b>	<b>CO JE EXPERIMENT A PROČ JE V CHEMII NENAHRADITELNÝ .....</b>	<b>13</b>
3.1.1	STRUKTURA A CÍL CHEMICKÉHO POKUSU .....	14
3.1.2	FUNKCE CHEMICKÉHO POKUSU .....	15
3.1.3	CHEMICKÝ POKUS JAKO SOUČÁST POZNÁVACÍCH POSTUPŮ A METOD VE VÝUCE .....	15
3.1.4	CHEMICKÝ POKUS A MODERNÍ DIDAKTICKÉ PROSTŘEDKY .....	16
3.1.5	BEZPEČNOST PRÁCE VE ŠKOLNÍ CHEMICKÉ LABORATOŘI .....	16
3.1.6	ATRAKTIVIZACE VÝUKY CHEMIE .....	18
<b>3.2</b>	<b>LITERATURA ZAMĚŘENÁ NA EXPERIMENTY.....</b>	<b>18</b>
<b>3.3</b>	<b>LITERATURA ZAMĚŘENÁ NA PŘÍRODNÍ LÁTKY.....</b>	<b>20</b>
<b>3.4</b>	<b>UČEBNICE PRO SŠ, KDE SE VYSKYTUJÍ PŘÍRODNÍ LÁTKY A EXPERIMENTY S NIMI .....</b>	<b>21</b>
<b>3.5</b>	<b>PRACOVNÍ LISTY PRO SŠ ZAMĚŘENÉ NA PŘÍRODNÍ LÁTKY .....</b>	<b>25</b>
<b>3.6</b>	<b>AKADEMICKÉ PRÁCE Z LET 2002-2013 OBHÁJENÉ NA KUDCH PŘF V PRAZE.....</b>	<b>25</b>
3.6.1	BAKALÁŘSKÉ PRÁCE .....	25
3.6.2	DIPLOMOVÉ PRÁCE .....	26
3.6.3	RIGORÓZNÍ A DISERTAČNÍ PRÁCE .....	27
<b>3.7</b>	<b>ČASOPISY.....</b>	<b>27</b>
<b>3.8</b>	<b>POSTAVENÍ PŘÍRODNÍCH LÁTEK A SOUVISEJÍCÍCH EXPERIMENTŮ V RVP .....</b>	<b>29</b>
<b>4</b>	<b>DOTAZNÍKOVÉ ŠETŘENÍ.....</b>	<b>31</b>
<b>4.1</b>	<b>DOTAZNÍKOVÉ ŠETŘENÍ PRO UČITELE SŠ ZAMĚŘENÉ NA PŘÍRODNÍ LÁTKY A SOUVISEJÍCÍ EXPERIMENTY ..</b>	<b>31</b>
4.1.1	DŘÍVE PROVÁDĚNÉ VÝZKUMY ZAMĚŘENÉ NA PŘÍRODNÍ LÁTKY A EXPERIMENTY .....	31
4.1.2	VLASTNÍ PEDAGOGICKÝ VÝZKUM.....	32
4.1.2.1	Postup vlastního pedagogického výzkumu .....	33
4.1.2.2	Výsledky dotazníkového šetření na SŠ v jednotlivých krajích .....	34
4.1.2.3	Odpovědi středoškolských učitelů na otázky v dotazníku .....	36
<b>4.2</b>	<b>DOTAZNÍKOVÉ ŠETŘENÍ V RÁMCI PROJEKTU 5P+ .....</b>	<b>46</b>

4.2.1	DOTAŽNÍKOVÉ ŠETŘENÍ K SEMINÁŘI POKUSY NA TÉMA ISOPRENOIDŮ .....	47
4.2.2	DOTAŽNÍKOVÉ ŠETŘENÍ K SEMINÁŘI NMR V TEORII A PRAXI .....	49

## **5 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST ..... 52**

<b>5.1</b>	<b>POUŽITÉ TECHNIKY .....</b>	<b>52</b>
5.1.1	TENKOVŘSTVÁ CHROMATOGRAFIE .....	52
5.1.2	SLOUPCOVÁ CHROMATOGRAFIE .....	54
5.1.3	EXTRAKCE .....	55
5.1.4	KRYSTALIZACE .....	56
5.1.5	NUKLEÁRNÍ MAGNETICKÁ REZONANCE .....	57
<b>5.2</b>	<b>POUŽÍVANÉ POMŮCKY .....</b>	<b>57</b>
<b>5.3</b>	<b>POUŽÍVANÉ CHEMIKÁLIE .....</b>	<b>57</b>
<b>5.4</b>	<b>TECHNICKÉ POZNÁMKY K EXPERIMENTÁLNÍ ČÁSTI .....</b>	<b>57</b>
<b>5.5</b>	<b>NÁVODY NA EXPERIMENTY .....</b>	<b>58</b>
5.5.1	KARBOXYLOVÉ KYSELINY V PŘÍRODNÍM MATERIÁLU .....	59
5.5.1.1	Důkaz citronové a vinné kyseliny v přírodním materiálu .....	61
5.5.2	MENTHOL V PŘÍRODĚ I POTRAVINÁCH .....	65
5.5.2.1	Extrakce mentholu z přírodního materiálu a důkaz mentholu pomocí TLC.....	66
5.5.2.2	Izolace mentholu z máty peprné.....	67
5.5.2.3	Ester s mentholovou vůní.....	68
5.5.2.4	Důkaz mentholu v bonbonech pomocí TLC.....	69
5.5.2.5	Izolace mentholu z bonbonů.....	70
5.5.3	PIPERIN .....	71
5.5.3.1	Důkaz piperinu ve čtyřbarevném pepři.....	72
5.5.3.2	Izolace piperinu .....	73
5.5.3.3	Reakce piperinu.....	74
5.5.4	JUGLON .....	75
5.5.4.1	Izolace juglonu.....	75
5.5.5	BETULIN.....	76
5.5.5.1	Izolace a důkaz betulinu .....	77
5.5.6	VANILIN A ETHYLVANILIN .....	79
5.5.6.1	Porovnání vanilinových/ vanilkových cukrů - důkaz fenolické skupiny .....	80
5.5.6.2	Porovnání vanilinových/ vanilkových cukrů - v koncentrovaných vzorcích .....	81
5.5.6.3	Porovnání vanilinových/ vanilkových cukrů - zkouška s Bradyho činidlem .....	82

5.5.6.4	Porovnání vanilinových/ vanilkových cukrů - přítomnost vanilinu nebo ethylvanilinu .	83
5.5.7	EUGENOL .....	84
5.5.7.1	Izolace eugenolu.....	85
5.5.8	THYMOL .....	86
5.5.8.1	Izolace thymolu .....	87
5.5.9	TRIMYRISTIN.....	89
5.5.9.1	Izolace trimyristinu.....	89
<b>6</b>	<b><u>VYUŽITÍ EXPERIMENTŮ NA VZDĚLÁVACÍCH A POPULARIZAČNÍCH AKCÍCH.....</u></b>	<b>91</b>
<b>6.1</b>	<b>SEMINÁŘE V RÁMCI PROJEKTU P5+ .....</b>	<b>91</b>
6.1.1	POKUSY NA TÉMA ISOPRENOIDŮ .....	91
6.1.2	NMR V TEORII A PRAXI .....	92
<b>6.2</b>	<b>CHEMICKÝ VÍKEND 2 - DARY PŘÍRODY .....</b>	<b>94</b>
<b>6.3</b>	<b>LETNÍ TÁBOR S PŘÍRODOVĚDCI.....</b>	<b>95</b>
<b>6.4</b>	<b>UNIVERZITA TŘETÍHO VĚKU.....</b>	<b>96</b>
<b>7</b>	<b><u>SBÍRKA S NÁVODY NA EXPERIMENTY.....</u></b>	<b>97</b>
<b>8</b>	<b><u>PROJEKTY .....</u></b>	<b>99</b>
<b>8.1</b>	<b>PO ZÁHADNÝCH STOPÁCH MENTHOLU .....</b>	<b>99</b>
8.1.1	PŘÍPRAVA PROJEKTU .....	100
8.1.2	PŘEDSTAVENÍ PROJEKTU .....	101
8.1.3	PRŮBĚH PROJEKTU.....	102
8.1.4	VÝSLEDKY A ZHODNOCENÍ PROJEKTU.....	104
<b>8.2</b>	<b>KRYSTALY JAK JE NEZNÁME .....</b>	<b>105</b>
8.2.1	PŘÍPRAVA PROJEKTU .....	105
8.2.2	PŘEDSTAVENÍ PROJEKTU .....	106
8.2.3	PRŮBĚH PROJEKTU.....	107
8.2.4	VÝSLEDKY A ZHODNOCENÍ PROJEKTU.....	107
<b>9</b>	<b><u>EXKURZE .....</u></b>	<b>108</b>
<b>9.1</b>	<b>EXKURZE V ÚOCHB AV ČR .....</b>	<b>108</b>
9.1.1	PŘÍPRAVA NA EXKURZI .....	108

9.1.2	PRŮBĚH EXKURZE .....	110
9.1.3	SHRNUTÍ A ZHODNOCENÍ EXKURZE .....	110
<b>9.2</b>	<b>EXKURZE V ČOKOLÁDOVÉM DOMĚ .....</b>	<b>112</b>
9.2.1	PŘÍPRAVA NA EXKURZI .....	112
9.2.2	PRŮBĚH EXKURZE .....	112
9.2.3	SHRNUTÍ A ZHODNOCENÍ EXKURZE .....	112
<b><u>10</u></b>	<b><u>DISKUSE.....</u></b>	<b><u>113</u></b>
10.1	DISKUSE K SOUČASNÉMU STAVU ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY .....	113
10.2	DISKUSE K DOTAZNÍKOVÉMU ŠETŘENÍ .....	113
10.3	DISKUSE K EXPERIMENTÁLNÍ ČÁSTI .....	114
10.4	DISKUSE K VYUŽITÍ EXPERIMENTŮ NA VZDĚLÁVACÍCH A POPULARIZAČNÍCH AKCÍCH .....	123
10.5	DISKUSE KE SBÍRCE S NÁVODY NA EXPERIMENTY .....	124
10.6	DISKUSE K PROJEKTŮM.....	124
10.7	DISKUSE K EXKURZI.....	124
<b><u>11</u></b>	<b><u>ZÁVĚR.....</u></b>	<b><u>126</u></b>
<b><u>12</u></b>	<b><u>LITERATURA.....</u></b>	<b><u>127</u></b>
<b><u>13</u></b>	<b><u>PŘÍLOHY .....</u></b>	<b><u>135</u></b>

## PŘEHLED ZKRATEK

---

5P+	Program pro pedagogy přírodovědných předmětů PLUS
AMC	čínidlo, používané k detekci při TLC
Bi	biologie
CC	sloupcová chromatografie
Fy	fyzika
G	gymnázium
Ch	chemie
IBSE	badatelsky orientovaná výuka (inquiry-based science education)
KUDCh	Katedra učitelství a didaktiky chemie
LP	laboratorní práce
Ma	matematika
NMR	nukleární magnetická rezonance
PřF UK	Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy
RVP	rámcový vzdělávací program
R <sub>f</sub>	retenční faktor
SŠ	střední škola, resp. středoškolský
ŠVP	školní vzdělávací program
TLC	tenkovrstvá chromatografie
U3V	Univerzita třetího věku
ÚOCHB AV ČR	Ústav organické chemie a biochemie Akademie věd České republiky
VH	vyučovací hodina
ZŠ	základní školy



# 1 ÚVOD

---

Přírodní látky jsou látky, které se vyskytují v živém organismu. Mají určitou funkci, význam, bez které by živý organismus ztratil vlastnost, jakou má mít. Všeobecně jsou přírodní látky hodně zkoumány pro svůj účinek na lidské zdraví, jsou izolovány a následně přidávány do léčiv, potravin, kosmetiky a dalších produktů.

V dnešní době si lidé již více všímají, co všechno přijmou potravou, jestli to např. nejsou jen náhražky přírodních látek. Tím, že se začaly uměle vyrábět některé látky, vzrostly také alergie a kožní problémy. Někteří lidé se i vracejí k tradičnímu použití bylinek např. k potlačení nemocí. Příroda nám nabízí tolik možností a my si i přesto vyrábíme látky z nepřírodního materiálu.

Při výuce chemie si žáci často kladou otázku, k čemu jim získané informace o dělicích metodách, chemických reakcích, jednotlivých typech organických látek apod. jsou v životě užitečné? Pokud učitel zapojí do zmiňovaných témat přírodní látky a experimenty s nimi, zvýší tím zájem žáků o probírané téma, protože jim bude bližší. Touto formou dostanou přírodní látky také větší prostor ve výuce chemie, než tomu často v současné době bývá.

Každá škola má svůj ŠVP, kde si učitel chemie může vyhradit prostor na experimenty a vybrat si, které zařadí do výuky, aby byly užitečné pro žáky. Vzdělávání ve škole by mělo žákovi poskytnout informace, které bude potřebovat do života. Při laboratorní činnosti s přírodními látkami by si měl žák minimálně začít uvědomovat, že je důležité číst složení výrobků, dbát na to, co přijme potravou a jaké drogistické zboží používá. Badatelsky orientovaná výuka má v tomto případě otevřené dveře a záleží už jen na učiteli, jaké zvolí téma k bádání.

Tato disertační práce nepojednává pouze o experimentech s přírodními látkami, ale také o projektech, kde jsou experimenty zařazeny, a exkurzích, které jsou tematicky zaměřené na přírodní látky.

## 2 CÍLE PRÁCE

---

Na začátku svého doktorského studia jsem si stanovila za hlavní cíl disertační práce **navrhnout experimenty s přírodními látkami** využitelné na SŠ.

Dalšími cíli jsou:

- Provést rešerši literatury
- Vytvořit dotazník pro učitele chemie na SŠ, pomocí kterého zjistím jejich názory na výuku přírodních látek a experimenty s nimi
- Navrhnout experimenty s přírodními látkami a připravit k nim návody
- Realizovat navrhované experimenty v laboratoři
- Ověřit pokusy po didaktické stránce na vzdělávacích akcích pořádaných KUDCh PřF UK pod mým vedením a pod vedením kolegů z jiných kateder PřF UK v Praze na dalších akcích PřF UK
- Navrhované experimenty představit SŠ učitelům chemie, žákům a dalším zájemcům
- Sepsat sbírku s návody na experimenty, která poslouží především učitelům do výuky

### 3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

---

Na základě studia dostupné literatury je v této kapitole uveden výčet vybrané literatury k experimentům a přírodním látkám, učebnic chemie, akademických prací a časopisů se zaměřením na přírodní látky a experimenty s nimi. Popsané je zařazení řešené problematiky v rámci RVP.

#### 3.1 CO JE EXPERIMENT A PROČ JE V CHEMII NENAHRADITELNÝ

---

„Experiment je jedním z nejvýznamnějších prostředků pro výuku chemie na vysoké škole i na školách středních a základních“ slova autorů publikace Didaktika a technika chemických pokusů<sup>1</sup>.

Experiment, pokus, je činnost, při které žáci provádějí pozorování určitého jevu zpravidla pod vedením učitele a zaznamenávají průběh, výsledky a hodnocení<sup>2</sup>.

Experiment se řadí mezi aktivizující metody názorně - demonstrační (předvádění experimentů) a organizační formy dle časové dotace<sup>3</sup>. Experiment může být pro žáky často nejatraktivnější částí celé hodiny chemie, lze ho provádět buď demonstračně (učitelem) nebo samostatnou činností žáků (laboratorní práce). Měl by žáky motivovat k dalšímu bádání a zároveň upevňovat již dříve získané vědomosti.

Demonstrační experiment by měl být názorný, krátký, přínosný a dobře viditelný. Laboratorní práce by měla splnit požadavky především na samostatnou práci žáků, učitel je v tomto případě jako pozorovatel a konzultant. Žáci si osvojí základy laboratorní práce, sestavování aparatury i bezpečnost práce. Také si ověří, jak může být náročné provést správně experiment a že ne vždy se musí pokus zdařit.

Experiment také může být součástí projektu. Mezi zajímavé náměty patří projekty v publikaci Přírodovědné projekty pro gymnázia a střední školy, kde se nachází projekty s přírodními látkami jako např. Barviva všude kolem nás, Barevná magie, Po stopách parfémů a další<sup>4</sup>. Velký přínos projektů představují sborníky z konference Projektové vyučování v chemii a souvisejících oborech, kde se

nachází projekty i s experimenty s přírodními látkami např. Vzdělávací projekt sacharidy, Barevný jídelníček a další<sup>5</sup>.

Při badatelsky orientovaném vyučování (IBSE = inquiry-based science education) má bezesporu velký význam experiment, kterým si žák vyzkouší své domněnky při bádání. Při chemických olympiádách nebo přírodovědných soutěžích je IBSE velmi využívanou metodou, méně často je zařazen do výuky z důvodu časově náročné přípravy pro učitele a nedostatečné vybavenosti na školách<sup>6</sup>. Ukázkou, jak může vypadat IBSE v praxi pro nižší věkové kategorie, lze nalézt na webových stránkách, kde je např. ukázka tématu Jak hodně cukru obsahuje žvýkačka<sup>7</sup>. Pro vyšší věkovou kategorii je zajímavým námětem vyšetřování viditelné a neviditelné díry, plasty a odpady z plastů a prostředky pro čištění a hygienu<sup>8</sup>.

---

### 3.1.1 STRUKTURA A CÍL CHEMICKÉHO POKUSU

---

Chemický pokus je součástí výuky předmětu chemie a je zařazen do podsystému materiálních didaktických prostředků<sup>1</sup>. Struktura chemického experimentu ve výuce chemie je následující:

- První fáze - příprava chemického experimentu - materiální: nádobí, chemikálie a nemateriální: připravenost žáků pokus provést, vyjádřit změny a vysvětlit.
- Druhá fáze - vlastní provedení pokusu a pozorování změn.
- Třetí fáze - vyhodnocení pozorovaných jevů a jejich chemické vyjádření.
- Čtvrtá fáze - zpracování empirických údajů v empirické poznatky (např. žáci sestaví rovnici nebo zjistí výtěžek).

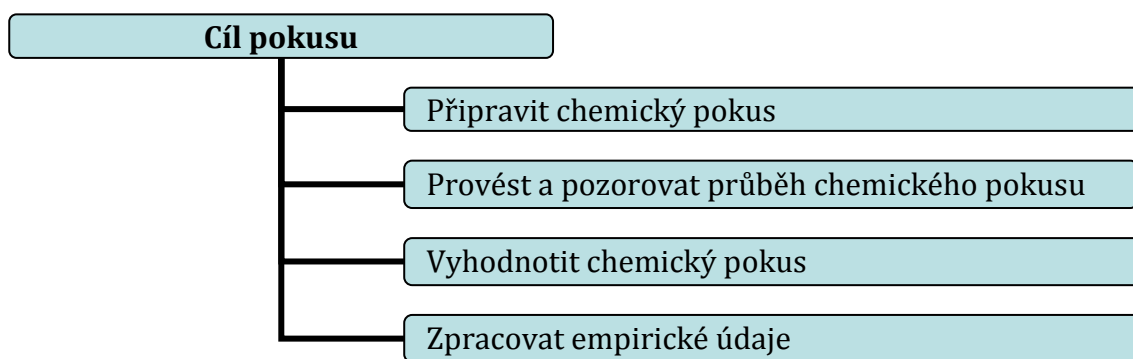


DIAGRAM 1: CÍL POKUSU

---

### 3.1.2 FUNKCE CHEMICKÉHO POKUSU

---

Mezi funkce chemického pokusu patří<sup>1</sup>:

- Informativní - soubor všech informací, které žáci v průběhu jednotlivých fází chemického pokusu získávají.
- Formativní - se realizuje činností, která formuje osobnost žáka na základě osvojovacích poznatků.
- Metodologická - metoda poznávání chemie jako vědy.
- Motivační - důraz kladen na provedení pokusu, zaujme k dalšímu bádání, např. demonstrační pokus.
- Osvojovací - přípravná a vyhodnocovací fáze experimentu je v popředí, např. žáci určují výchozí látky a produkty.
- Upevňovací - žáci sami předpovídají očekávaný průběh experimentu na základě osvojeného učiva.
- Kontrolní - žáci prokážou osvojené znalosti, vědomosti a dovednosti.

---

### 3.1.3 CHEMICKÝ POKUS JAKO SOUČÁST POZNÁVACÍCH POSTUPŮ A METOD VE VÝUCE

---

Poznávací postupy ve výuce chemie jsou<sup>1</sup>:

- poznání empirické (fakta bez objasnění podstaty)

Při empirickém poznání jsou uplatňovány senzomotorické činnosti žáků. Mezi senzorické činnosti patří získání informací pomocí smyslů a mezi motorické činnosti patří příprava a provedení experimentu.

- poznání teoretické (odhalení podstaty jevové stránky chemických objektů a jevů bez praktického ověření)

Intelektuální činnosti (odvozování nových poznatků z poznatků známých) se uplatňují při teoretickém poznání. Chemický experiment vede buď k empirickému poznatku (teoreticky ho vysvětlujeme) nebo k teoretickému poznatku, který ověřujeme.

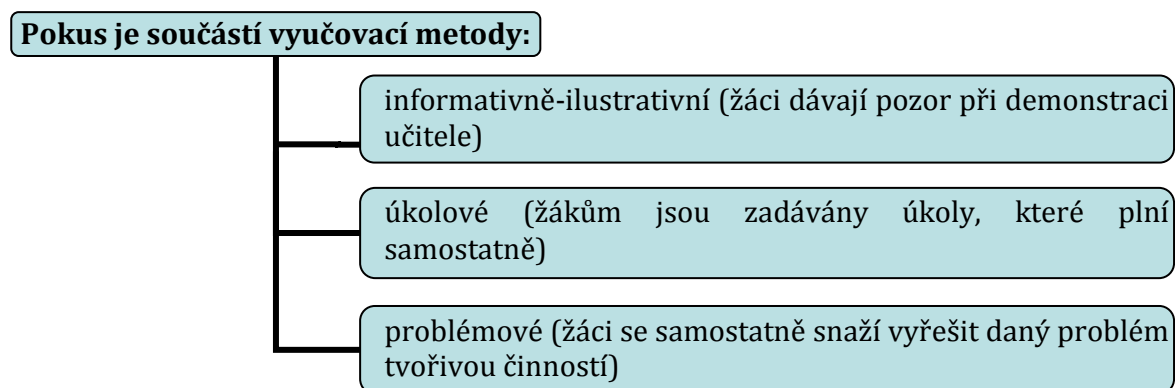


DIAGRAM 2: POKUS JE SOUČÁSTÍ VYUČOVACÍ METODY

### 3.1.4 CHEMICKÝ POKUS A MODERNÍ DIDAKTICKÉ PROSTŘEDKY

V dnešní době existují možnosti, jak provést experiment i bez činnosti v laboratoři. Využívané jsou hodně animace a videa<sup>9, 10</sup>. Při virtuálním experimentu nemusí učitel řešit materiální přípravu a odpadá vlastní pomalejší laboratorní činnost žáků. Tato možnost je také výhodná při ukázce experimentu, u kterého se používají nebezpečné látky nebo ve škole chybí potřebný materiál, drahá technika a další důvody.

Úskalím „pokusů bez laboratoře“ je menší pozornost studentů. Při této formě experimentální výuky zcela chybí vlastní manuální činnost. Je tedy vhodné případně kombinovat obě možnosti.

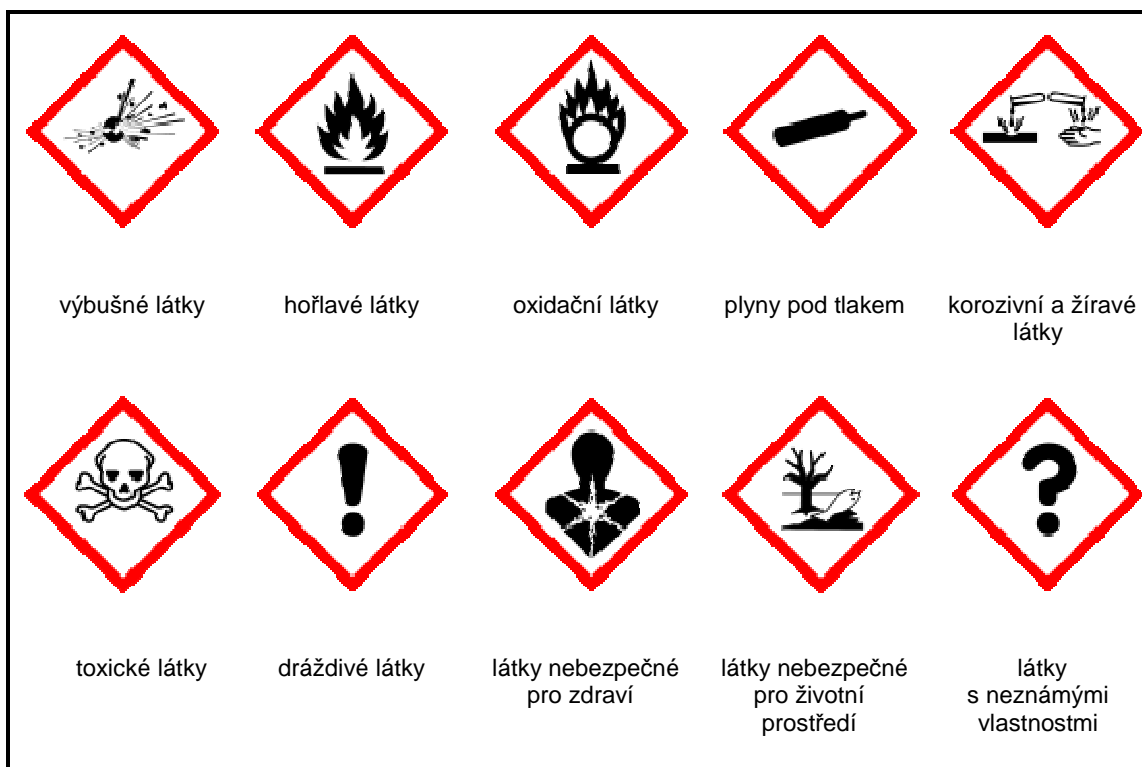
Z didaktických pomůcek lze využít např. fotoaparát, videokameru, chytrý mobilní telefon či tablet ke zdokumentování průběhu experimentu.

### 3.1.5 BEZPEČNOST PRÁCE VE ŠKOLNÍ CHEMICKÉ LABORATOŘI

Při provádění pokusu je vždy nutné dbát na bezpečnost, protože zde hrozí určité nebezpečí při nedodržení předem daných pravidel (např. nedodržení

pravidel v laboratorním řádu) a znalostí (např. příprava roztoků, ředění kyselin a zásad). Jiná pravidla jsou pro žáky nižšího stupně (žáci věku 10-15 let) a jiná pro žáky vyššího stupně (žáci věku 15-18 let). Také jsou rozdíly mezi tím, zda experiment provádí učitel demonstračně či ho provádí sami žáci<sup>11</sup>.

Při realizaci chemického pokusu je nutné, aby učitel respektoval bezpečnost práce danou zákonem se všemi příslušnými vyhláškami a zákonnými normami<sup>12</sup>. Zákony se neustále novelizují a je nutné, aby byl učitel s nimi seznámen, např. zákon o chemických látkách a chemických přípravcích č.350/2011 a globálně harmonizovaný systém klasifikace a označování chemikálií (GHS) pro identifikaci nebezpečných chemikálií<sup>13</sup>. Obrázek 1 uvádí výstražné symboly nebezpečných chemikálií.



OBRÁZEK 1: VÝSTRAŽNÉ SYMBOLY NEBEZPEČNÝCH CHEMIKÁLIÍ [1]

Také znalost nového systému výstražných vět k označování rizikových vlastností chemických látek je důležitá pro každého učitele chemie, aby mohl předat nové informace žákům, a ti si sami mohli zkontrolovat, s jakou látkou pracují (případně doma z obalu výrobku posoudili jeho nebezpečnost)<sup>14</sup>.

---

### 3.1.6 ATRAKTIVIZACE VÝUKY CHEMIE

---

Experiment je do výuky chemie řazen z mnoha důvodů, jedním z nich může být i atraktivizace předmětu. Zaujmout žáka lze světelným či zvukovým efektem, někdy zanechá dojem i nečekaný průběh experimentu<sup>15</sup>. Chemické experimenty jsou populární na různých akcích na podporu chemie jako např. Věda a technika na ulici a Noc vědců, kde se ukazují především atraktivní pokusy.

Jinou možností jak zatraktivnit experiment a tím i předmět chemie může být použití netradičních pomůcek (např. UV lampy) nebo digitalizace (zdokumentování pomocí fotografií a videozáznamu z průběhu experimentu). Výsledná média pak může učitel a případně i žáci publikovat na internetových stránkách<sup>16</sup>. Sami žáci mohou zatraktivnit experiment, např. v přírodovědných kroužcích, kde si vyzkouší pokus pod dohledem učitele a po domluvě mohou vyzkoušet modifikace či si připravit demonstraci pro ostatní spolužáky<sup>17</sup>.

---

## 3.2 LITERATURA ZAMĚŘENÁ NA EXPERIMENTY

---

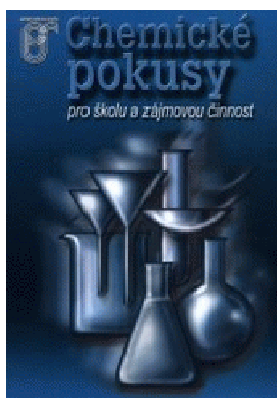
Zde jsou uvedeny publikace, které byly použity k teoretické přípravě a inspiraci pro pokusy do této disertační práce.



*Didaktika a technika chemických pokusů* patří mezi doporučovanou vysokoškolskou literaturu pro studenty učitelství chemie při přípravě na experimentální činnost v laboratoři. Jsou zde teoretické informace i návody na experimenty rozdělené podle probíraných témat. Experimenty s přírodními látkami se nacházejí v podtématech: Zdroje a příprava organických sloučenin a chemické reakce přírodních látek<sup>1</sup>.

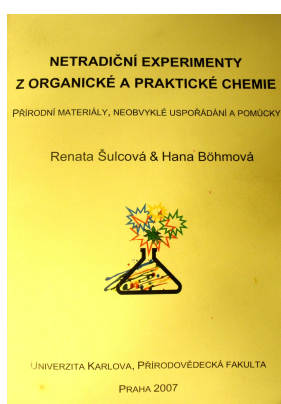
OBRÁZEK 2: DIDAKTIKA A TECHNIKA CHEMICKÝCH POKUSŮ





V publikaci *Chemické pokusy pro školu a zájmovou činnost* se nachází velké množství návodů na experimenty, z nichž některé jsou zaměřeny i na téma přírodní látky - Chemické pokusy z biochemie. Najdeme zde témata: složení živé hmoty, nízkomolekulární složky živých soustav a biopolymery<sup>18</sup>.

OBRÁZEK 3: CHEMICKÉ POKUSY PRO ŠKOLU A ZÁJMOVOU ČINNOST [2]

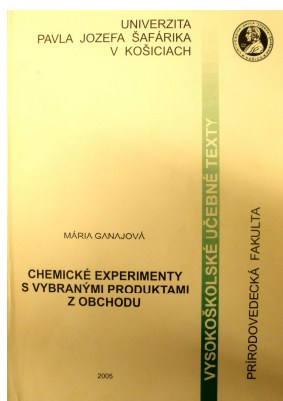


*Netradiční experimenty z organické a praktické chemie* je název publikace, která obsahuje zajímavé návody na laboratorní cvičení jak ve škole, tak v domácím prostředí.

Jsou zde zastoupeny experimenty zaměřené na důkazy přírodních látek (důkaz škrobu, redukujících sacharidů a bílkovin), rostlinná barviva (červená barviva jako indikátory pH, indikátor z červeného zelí, indikátorová barviva

OBRÁZEK 4: NETRADIČNÍ EXPERIMENTY Z ORGANICKÉ A PRAKTICKÉ CHEMIE v květech  
rostlin,

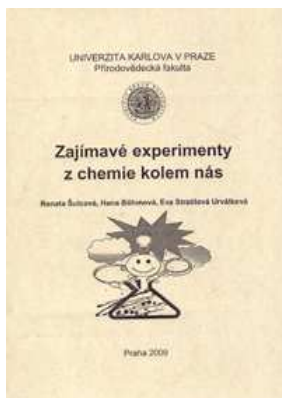
barviva lišejníků jako indikátory kyselosti, reakce přírodních fenolů, účinky mořidel na rostlinná barviva, příprava anthokyanidů, fluorescence) a enzymy (štěpení škrobu slinnou a rostlinnou amylasou, štěpení sacharosy kyselou hydrolýzou, enzymatické štěpení sacharosy, katalasa v potravinách a její účinnost v závislosti na pH, rostlinné proteasy, denaturace enzymů). Laboratorní experimenty s přírodními látkami: duha z rajčatové šťávy, xantoproteinový test, praktické aplikace důkazu sacharidů, důkaz škrobu v uzenářských výrobcích, identifikace tuku v potravinách, vlastnosti tuků, fluorescence chlorofylu ze zelených listů, kvalitativní zjištění vitamínu C v nápojích a ovocných džusech, vitamin A v potravinách, krém s rostlinnými šťávami, chromatografie přírodních a syntetických barviv, potravinářská a syntetická barviva - chromatografie, výroba mýdla, sublimace kofeinu z čajových lístků nebo kávy, orientační analýza obsahu redukujícího sacharidu, „Faraónovi hadi“, modrá a duhová baňka<sup>11</sup>.



*Chemické experimenty s vybranými produkty z obchodu* je slovenská publikace, kde je inspirativní soubor experimentů s běžně dostupným materiálem z obchodu. Vždy je zařazen úvod k materiálu i přírodním látkám v něm obsažených a poté následují návody na experimenty např. téma česnek - historie, charakteristika, složení, experiment - česnekový dech.

OBRÁZEK 5: CHEMICKÉ EXPERIMENTY S VYBRANÝMI PRODUKTAMI Z OBCHODU

Experimenty s přírodními látkami jsou k tématům: bílkoviny, sacharidy, brambory, ovoce a zeleniny, inulin, celulóza, tuky, čaj, kakao, ocet, kořenová zelenina, česnek a cibule<sup>19</sup>.



Ve sbírce *Zajímavé experimenty z chemie kolem nás* se nachází několik experimentů s přírodními látkami: důkaz vitamínu C v ovoci, redukční účinky vitamínu C, důkaz redukujících sacharidů, důkaz bílkovin a fluorescence rostlinných barviv<sup>20</sup>.

OBRÁZEK 6: ZAJÍMAVÉ EXPERIMENTY Z CHEMIE KOLEM NÁS [3]

### 3.3 LITERATURA ZAMĚŘENÁ NA PŘÍRODNÍ LÁTKY

Přírodní látky bývají v literatuře často přiřazovány k tématu biochemie, kde mají své místo v jednotlivých kapitolách<sup>21,22</sup>. Nebo bývají v publikacích zaměřené převážně na přírodní látky<sup>23,24</sup>. Zajímavé informace o některých přírodních látkách lze najít i v prezentacích od Ireny Valterové z ÚOCHB AV ČR<sup>25</sup>. Následující literatura byla používána k výběru přírodních látek a hledání informací o jejich vlastnostech, použití a účincích.



OBRÁZEK 7: FARMAKOBOTANIKA

Ve *Farmakobotanice* se nachází zdroje farmaceutických surovin a jiné přírodní látky obsažené v semenných rostlinách. U rostlinného zástupce je uvedena vždy jeho základní charakteristika, významné metabolity a často i chemický vzorec přírodní látky vztahující se k rostlině<sup>26</sup>.



OBRÁZEK 8: ZÁKLADY BIOCHEMIE [4]

Z publikací, které mě inspirovaly pro výběr přírodního materiálu na experimenty, byla také literatura *Základy biochemie*, kde jsou přírodní látky řazeny do kapitoly sekundární metabolity. Jsou zde popisovány přírodní látky: glykosidy, taniny, alkaloidy, isoprenoidy, flavonoidy, biologické pigmenty, růstové regulátory, saponiny. Zvláště jsou uvedeny proteiny, sacharidy, lipidy a nukleové kyseliny<sup>27</sup>.

### 3.4 UČEBNICE PRO SŠ, KDE SE VYSKYTUVÍ PŘÍRODNÍ LÁTKY A EXPERIMENTY S NIMI

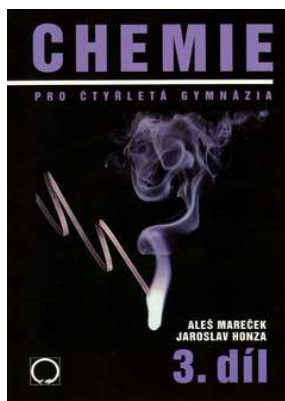
Podle výzkumu Huvarové patří mezi učebnice obecně doporučované žákům nejčastěji tyto<sup>28</sup>:

TABULKA 1: UČEBNICE DOPORUČOVANÉ ŽÁKŮM

Učebnice, které jsou doporučovány žákům	Počet odpovědí (vztaženo ke 147 respondentům)
Mareček A., Honza J.: Chemie pro čtyřletá gymnázia 1., 2., 3. díl	67 %
Vacík J.: Přehled středoškolské chemie	45 %
Benešová M. et. al.: Odmaturuj z chemie	28 %

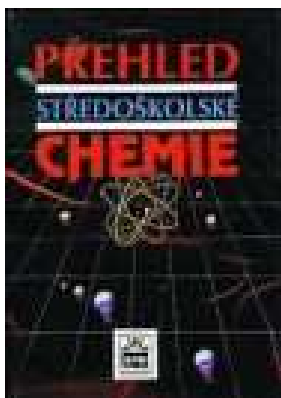
Kolář K.: Chemie II (organická a biochemie)	27 %
Flegr V.: Chemie I (obecná a anorganická)	26 %
Kotlík B.: Chemie I, II v kostce pro střední školy	24 %
Vacík J. et. al.: Chemie pro I. ročník gymnázií	11 %
Peč P., Pečová D.: Učebnice středoškolské chemie a biochemie	9 %
Jiné	9 %
Čípera J.: Seminář a cviční z chemie pro IV. ročník gymnázií	7 %
Pacák J.: Chemie pro II. ročník gymnázií	7 %
Šrámek V., Kosina L.: Chemie obecná a anorganická	7 %
Banýr J.: Chemie pro střední školy	3 %
Čárský J. et al.: Chemie pro 3. ročník gymnázií	3 %
Eisner W.: Chemie pro střední školy 1a, 1b, 2a, 2b	2 %

Budu se nyní zabývat pouze výše uvedenou literaturou, kde se vyskytují přírodní látky.



Z výzkumu Huvarové vyplývá, že nejčastěji používanou učebnicí na SŠ je *Chemie pro čtyřletá gymnázia* autorů Honza a Mareček. V třetím dílu této série učebnic se mezi přírodní látky řadí živiny (lipidy, sacharidy, bílkoviny), biokatalyzátory (enzymy, vitaminy, hormony), nukleové kyseliny, steroidy, alkaloidy a terpeny. V porovnání s ostatními podtématy mají největší obsahový rozsah sacharidy, proteiny a lipidy. V této učebnici však nejsou

OBRÁZEK 9: CHEMIE PRO ČTYŘLETÁ GYMNÁZIA 3. DÍL [5] zařazeny návody na experimenty<sup>29</sup>.



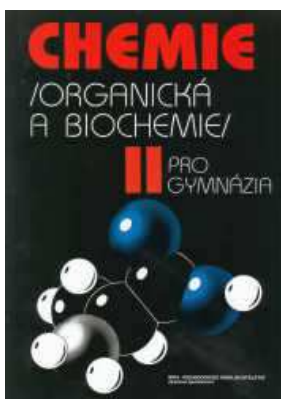
OBRÁZEK 10: PŘEHLED STŘEDOŠKOLSKÉ CHEMIE [6]

V druhé nejčastěji doporučované literatuře *Přehled středoškolské chemie* se popisují přírodní látky jako sloučeniny nebo jejich směsi vyskytující se v přírodě, kam patří jednoduché (např. mravenčí kyselina) i složité (např. nukleové kyseliny) sloučeniny. Experimenty zde také nejsou uvedeny<sup>30</sup>.



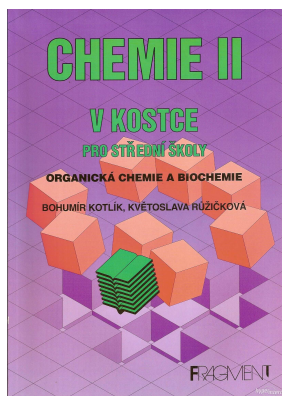
OBRÁZEK 11: ODMATURUJ Z CHEMIE [7]

V publikaci *Odmaturuj z chemie* nejsou uvedeny přírodní látky pod samostatnou kapitolou, ale jsou rozčleněny v různých oddílech (sacharidy, izoprenoidy atd.). Jsou zde popisovány základní informace o těchto látkách. Experimenty se v této literatuře nevyskytují<sup>31</sup>.



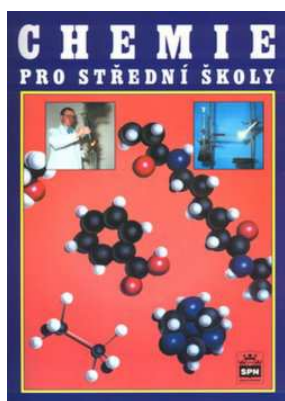
OBRÁZEK 12: CHEMIE /ORGANICKÁ A BIOCHEMIE/ PRO GYMNÁZIA II [8]

Často využívaná je i učebnice *Chemie /organická a biochemie/ pro gymnázia II*, kde jsou přírodní látky popisovány v několika tématech. Experimenty s nimi jsou zde uváděny: důkaz aminokyselin a bílkovin, vlastnosti bílkovin, rozlišení redukujících a neredukujících sacharidů, důkaz škrobu, hydrolýza tuku a štěpení škrobu amylasou ze slin<sup>32</sup>.



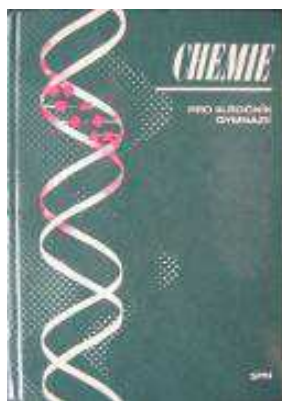
OBRÁZEK 13: CHEMIE V KOSTCE II [9]

V literatuře *Chemie v kostce II* nejsou obsaženy návody na experimenty. Přírodní látky jsou zde stručně popisovány a rozděleny do podkapitol alkaloidy, lipidy, izoprenoidy, sacharidy, bílkoviny a nukleové kyseliny<sup>33</sup>.



OBRÁZEK 14: CHEMIE PRO STŘEDNÍ ŠKOLY [10]

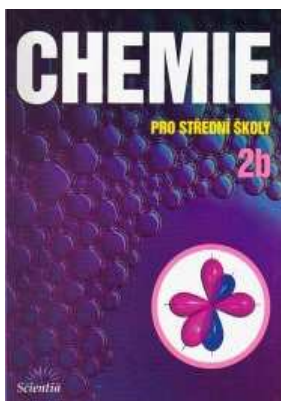
Mezi učebnice, kde se vyskytují i návody na experimenty, patří *Chemie pro střední školy*. V kapitole Biochemie najdeme návody na experimenty s přírodními látkami: chromatografie listových barviv, důkaz a vlastnosti bílkovin, redukční vlastnosti glukosy a fruktosy, důkaz škrobu. V oddělení laboratorní práce: hydrolýza škrobu, příprava a vlastnosti mýdla, přítomnost vitaminů v přírodních materiálech, důkaz a reakce bílkovin<sup>34</sup>.



OBRÁZEK 15: CHEMIE PRO 3. ROČNÍK GYMNÁZIÍ [11]

Přírodní látky jsou v *Chemii pro 3. ročník gymnázií* popisované jako látky vznikající v živých organismech. Nachází se zde teoretická i experimentální část, kde jsou návody k tématům: bílkoviny (biuretová reakce, xanthoproteinová reakce, důkaz AMK), lipidy (příprava mýdla, tepelný rozklad tuku), sacharidy (důkaz škrobu, rozlišení monosacharidů a disacharidů), rostlinné silice (získávání z přírodního materiálu), důkaz cholesterolu<sup>35</sup>.



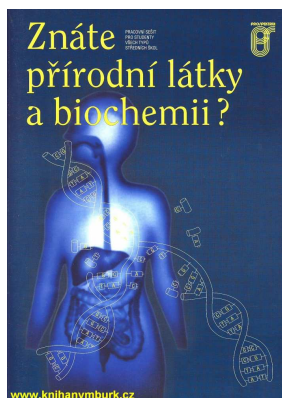


OBRÁZEK 16: CHEMIE PRO STŘEDNÍ ŠKOLY 2B [12]

Další literatura, kde jsou zařazeny i experimenty, je *Chemie pro střední školy 2b*. Přírodní látky jsou rozmístěny v kapitolách jako např. barviva a barvení, sacharidy a proteiny, uhlovodíky a kyslíkaté organické sloučeniny. Lze zde najít i experimenty např. barvení indigem, bromace karotenoidů a další<sup>36</sup>.

### 3.5 PRACOVNÍ LISTY PRO SŠ ZAMĚŘENÉ NA PŘÍRODNÍ LÁTKY

---



OBRÁZEK 17: ZNÁTE PŘÍRODNÍ LÁTKY A BIOCHEMII? [13]

Pracovní listy jsou dobrou pomůckou učitele při opakování učiva se žáky. Na přírodní látky je specializovaný soubor pracovních listů *Znáte přírodní látky a biochemii?*, kde se nachází několik témat s přírodními látkami: alkaloidy, vitaminy, sacharidy, lipidy, peptidy a bílkoviny<sup>37</sup>.

### 3.6 AKADEMICKÉ PRÁCE Z LET 2002-2013 OBHÁJENÉ NA KUDCH PŘF UK V PRAZE

---

Akademické práce obhájené na KUDCh PřF UK, ve kterých se mimo jiné vyskytují přírodní látky a experimenty s nimi, jsou tyto:

#### 3.6.1 BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

---

- K. Sezemská popisuje laboratorní úlohy z toxikologie, z nichž některé jsou zaměřené i na přírodní látky: izolace alkaloidů, tenkovrstvá chromatografie purinových alkaloidů a pěnivost saponinů<sup>38</sup>.

---

### 3.6.2 DIPLOMOVÉ PRÁCE

---

- A. Šachová představuje práci tučky a mýdla jako projekt na gymnáziích<sup>39</sup>.
- J. Tučanová popisuje přírodní látky v souvislosti s naším tělem. Zaměřuje se zde především na bílkoviny, lipidy a sacharidy<sup>40</sup>.
- E. Nývltová vybírá experimenty i s přírodními látkami jako je např. extrakce kofeinu z čaje a TLC acetylsalicylové kyseliny<sup>41</sup>.
- D. Pisková v práci, zaměřené na vůně a přísady, uvádí mimo jiné experimenty s lentilkami, limonádou a parfémů<sup>42</sup>.
- M. Chalupová popisuje barviva<sup>43</sup>.
- H. Böhmová uvádí v práci, ve které je široké spektrum experimentů s přírodními látkami, pokusy jako např. barvení rostlinnými barviv, důkaz škrobu, oddělování barviv, příprava inkoustu, citronová alchymie, pH indikátory v květech rostlin a další<sup>44</sup>.
- A. Steinbauerová uvádí vybrané experimenty se sacharidy, např. zapálení cukru se skořicí a bez ní, a jiné<sup>45</sup>.
- O. Kučerová popisuje v práci zaměřené na enzymy, vitaminy a hormony experimenty jako např. důkaz vitamínu C, katalasa v bramboru a další<sup>46</sup>.
- D. Voborská zmiňuje experiment s červeným zelím jako indikátor pH, s čajem a další experimenty primárně zařazené do obecné chemie<sup>47</sup>.
- J. Vozka představil v práci demonstrační pokusy i laboratorní práce jako je např. analýza vaječného bílku, denaturace bílkovin, inhibice enzymů, laktosová intolerance, xanthoproteinový test, biuretová reakce a další<sup>48</sup>.
- Z. Friedelová do práce orientované na léčiva zařadila experimenty s názvem kozlíková tinktura, borová mast, acetylsalicylová kyselina a další<sup>49</sup>.
- E. Hrobařová sestavila návody na jednoduché experimenty s potravinami jako je např. důkaz škrobu v bramborách, důkaz bílkovin v hrachu a mouce, důkaz kyseliny askorbové ve vodě po uvařených bramborech, redukční vlastnosti kofeinu a další<sup>50</sup>.
- R. Šedivá popisuje experimenty se sacharidy např. redukční vlastnosti sacharidů, enzymatické trávení škrobu, kapesní zrcátko a další<sup>51</sup>.



- Z. Hegrová prezentuje v práci soubor jednoduchých návodů na experimenty pro ekoškoly, mezi které patří i zaměření na přírodní látky: přírodní indikátor a silice<sup>52</sup>.
- R. Křišťůvková popisuje experimenty molekulární gastronomie: ovocný kaviár, kouzla s vajíčkem a tajemství žloutku<sup>53</sup>.

---

### 3.6.3 RIGORÓZNÍ A DISERTAČNÍ PRÁCE

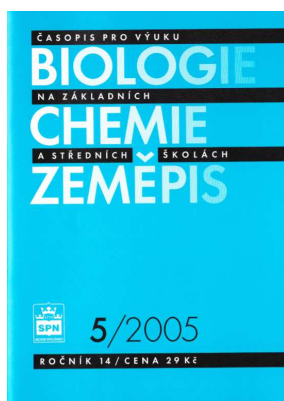
---

- O. Mokrejšová popisuje experimentální výuku a zařazuje do své práce pokusy, mimo jiné i s přírodními látkami, které ověřovala také v zahraničí<sup>54</sup>.
- P. Koloros uvádí převážně historii chemických pokusů a přikládá soubor jím osvědčených experimentů<sup>55</sup>.
- D. Součková zařadila do práce zaměřené na analytickou chemii experimenty i s přírodními látkami jako je např. stanovení kyseliny šťavelové v přírodním materiálu, stanovení kyselosti mléka, chromatografický rozklad chlorofylu, důkaz lepku a další<sup>56</sup>.

## 3.7 ČASOPISY

---

Časopisy zaměřené na chemické vzdělávání, ve kterých se vyskytují i experimenty s přírodními látkami jsou například tyto.



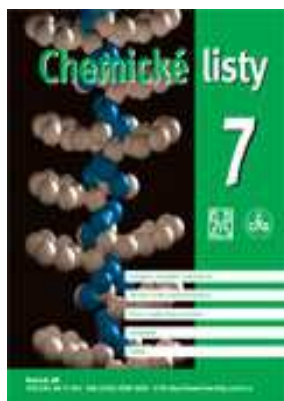
OBRÁZEK 18: BIOLOGIE-CHEMIE-ZEMĚPIS

Časopis *Biologie-Chemie-Zeměpis* je primárně určen pro učitele ZŠ a SŠ přírodovědných předmětů chemie, biologie, zeměpisu a ekologické výchovy. Učitelé zde naleznou zajímavé články, které mohou rozšířit jejich znalosti a mohou dát inspiraci pro inovaci jejich výuky. Časopis je rozdělen do částí podle výše popsaných předmětů. Chemickou část tvoří články různého charakteru, např.

chemický průmysl, návody na experimenty, úlohy a další.

Vybrané články z časopisu *Biologie-Chemie-Zeměpis* zaměřené na experimenty s přírodními látkami:

- Kolem kávy - z botaniky, chemie i zeměpisu<sup>57</sup>
- Experimenty na SŠ zaměřené na chromatografii - přírodní látky<sup>58</sup>

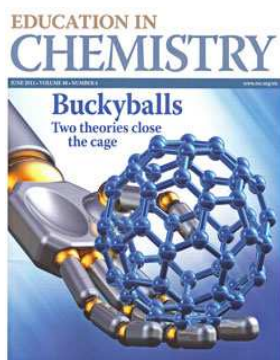


Časopis *Chemické listy* je určen jak pro učitele, tak pro odbornou veřejnost. Mimo jiné je zde rubrika výuka chemie. Návody na experimenty jsou poměrně často stěží použitelné v prostředí ZŠ a SŠ, ale mohou motivovat k vytvoření experimentu pro školní podmínky. Tento časopis je prakticky jediným recenzovaným časopisem v ČR s impakt faktorem (0,453), kde mohou studenti učitelství chemie propagovat své výsledky. Články jsou psané převážně v češtině a angličtině.

OBRÁZEK 19: CHEMICKÉ LISTY [14]

Vybrané články z časopisu *Chemické listy* zaměřené na přírodní látky a případně experimenty s nimi:

- Přírodní látky a jejich deriváty s chutí chladivou<sup>59</sup>
- Monoterpeny v rostlinách<sup>60</sup>
- Zhudebněné pokusy ve výuce chemie<sup>61</sup>
- Slaná chuť přírodních látek a jejich derivátů<sup>62</sup>
- Přírodní látky a jejich deriváty chuti pálivé<sup>63</sup>

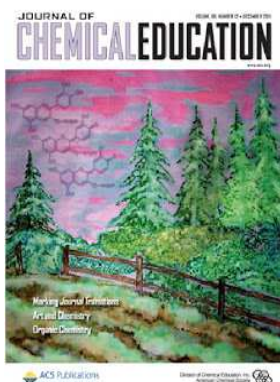


Zahraniční časopis *Education in chemistry* psaný v angličtině je určený pro učitele chemie. Jsou zde zajímavé rubriky, kde se mimo jiné nachází i experimenty (Exhibition chemistry). Je dostupný i v elektronické podobě na internetu.

OBRÁZEK 20: EDUCATION IN CHEMISTRY [15]

Vybrané články z časopisu *Education in chemistry* zaměřené na experimenty s přírodními látkami:

- Dehydratace sacharosu<sup>64</sup>
- Modrá baňka<sup>65</sup>



Zahraniční časopis *Journal of chemical education* s anglicky psanými články je velmi inspirativní jak pro učitele chemie, tak pro odbornou veřejnost. Jsou zde mimo jiné návody na experimenty. Na internetových stránkách lze dohledat cenné přílohy ke článkům, jako jsou fotografie, spektra atd.

OBRÁZEK 21: JOURNAL OF CHEMICAL EDUCATION [16]

Vybrané články z časopisu *Journal of chemical education* zaměřené na experimenty s přírodními látkami:

- Tvorba chemické duhy<sup>66</sup>
- Izolace cholesterolu z vaječného žloutku<sup>67</sup>
- Izolace parthenolidu z kopretiny řimbaby<sup>68</sup>

### 3.8 POSTAVENÍ PŘÍRODNÍCH LÁTEK A SOUVISEJÍCÍCH EXPERIMENTŮ V RVP

---

Téma přírodní látky se ve středoškolské chemii řadí tradičně až za učivo obecné, anorganické a organické chemie, promítá se ale i do učiva biochemie<sup>69</sup>. Bývá úzce spjato také s biologií díky výskytu látek v přírodním materiálu. V současné době mají učitelé díky rámcovým vzdělávacím programům (RVP) možnost zvolit si rozsah vybraného tématu v celém ročním plánu chemie tak, aby stihli probrat vše, co je předepsané v jejich školním vzdělávacím programu (ŠVP), a zároveň mohli věnovat větší časový úsek vybranému tématu např. přírodním látkám. Také si mohou vybrat, které experimenty zařadí do výuky, ke kterému

tématu je předvedou demonstračně či které pokusy si žáci budou moci sami vyzkoušet při laboratorním cvičení.

V RVP lze najít v očekávaných výstupech a učivu zmínku o přírodních látkách a praktické výuce s nimi jak v organické chemii, tak v biochemii:

## ORGANICKÁ CHEMIE

Očekávaný výstup - žák:

- využívá znalosti základů kvalitativní a kvantitativní analýzy k pochopení jejich praktického významu v organické chemii

Učivo:

- deriváty uhlovodíků a jejich klasifikace
- heterocyklické sloučeniny
- barviva

## BIOCHEMIE

Očekávané výstupy - žák:

- objasní strukturu a funkci sloučenin nezbytných pro důležité chemické procesy probíhající v organismech

Učivo:

- lipidy
- sacharidy
- proteiny
- nukleové kyseliny
- enzymy, vitaminy, hormony

## 4 DOTAZNÍKOVÉ ŠETŘENÍ

---

Dotazník je často volenou metodou pedagogického výzkumu<sup>70</sup>. V rámci pedagogického výzkumu k disertační práci byla realizována 3 dotazníková šetření – jedno hlavní a dvě dílčí šetření.

- hlavní dotazníkové šetření určené pro učitele chemie na SŠ (viz kapitola 4.1.)
- dvě dílčí dotazníkové šetření zjišťující názory učitelů na experimenty zařazené do seminářů organizovaných v rámci Projektu 5P+ (Program pro pedagogy přírodovědných předmětů PLUS) (viz kapitola 4.2 a 4.3)

### 4.1 DOTAZNÍKOVÉ ŠETŘENÍ PRO UČITELE SŠ ZAMĚŘENÉ NA PŘÍRODNÍ LÁTKY A SOUVISEJÍCÍ EXPERIMENTY

---

Hlavním cílem dotazníkového šetření bylo zjistit, jaká podtémata přírodních látek učitelé vyučují kromě stěžejních témat uvedených v RVP, jaké experimenty s přírodními látkami učitelé provádějí nebo nechají své žáky realizovat při laboratorním cvičení, a kde získávají inspiraci k těmto experimentům. Tento dotazník měl získat jak kvantitativní tak kvalitativní data.

Celé toto dotazníkové šetření, příprava a výsledky lze najít v příloze na CD a časopise SCIED<sup>71</sup>.

#### 4.1.1 DŘÍVE PROVÁDĚNÉ VÝZKUMY ZAMĚŘENÉ NA PŘÍRODNÍ LÁTKY A EXPERIMENTY

---

Ve výzkumu z roku 2006-2009, který byl zaměřený na obsah učiva biochemie a ICT na SŠ, se některé otázky v dotazníkovém šetření týkaly i přírodních látek (nukleové kyseliny, bílkoviny, sacharidy, lipidy, enzymy a vitaminy). Dotazníkového šetření, kde cílovou skupinou byli učitelé chemie převážně gymnázií, se zúčastnilo 104 SŠ. Výsledkem bylo zjištění, že přírodní látky (uvedené výše) patří mezi často vyučovaná biochemická témata a že se řadí mezi méně obtížné učivo. K experimentům s přírodními látkami v tomto dotazníkovém šetření nebylo přihlédnuto<sup>72</sup>.

Při dotazníkovém šetření z let 2007-2009 zaměřeném na zařazování experimentů do výuky chemie se zjistilo, že učitelé nejčastěji ukazují demonstrační pokusy, méně často mají žáci možnost sami provádět experimenty při laboratorním cvičení<sup>73</sup>.

Z výzkumu PISSA 2006, který se mimo jiné vztahoval k využití experimentů v přírodovědné výuce, je zřejmé, že se v ČR velmi málo provádí praktické pokusy v laboratoři<sup>74</sup>. Závěr z výzkumu TIMSS 2007 ukazuje, že žáci v ČR dosahují pouze průměrných výsledků při realizaci experimentů v porovnání se zahraničními státy<sup>75</sup>.

Výsledky výzkumného šetření (vyhodnoceno 1877 dotazníků) realizované katedrou obecné fyziky FPE ZČU v Plzni ve spolupráci s Fyzikální pedagogickou společností JČMF a Českou školní inspekcí ve školním roce 2003/2004 ukázaly, že učitelé přírodovědných předmětů výrazně preferují výuku spojenou s praktickou činností žáků (v terénu a laboratoři)<sup>76</sup>.

---

#### 4.1.2 VLASTNÍ PEDAGOGICKÝ VÝZKUM

---

Výzkumy uvedené v kapitole 4.1.1 nebyly zaměřeny na experimenty s přírodními látkami a doprovodné informace. Proto byl vytvořen dotazník, který měl za úkol zjistit odpovědi na předem zvolené otázky týkající se výše uvedené problematiky od náhodně vybraných středoškolských učitelů chemie v ČR. V tomto případě byl zvolen elektronický dotazník a to z důvodů rychlého zpracování, finanční nenáročnosti a menší časové náročnosti pro učitele.

Vytvořený dotazník obsahoval 9 otázek, u většiny byl výběr z několika předvolených odpovědí, jedna otázka obsahovala otevřenou odpověď a jedna otázka obsahovala odpověď pouze ano/ne. Součástí dotazníku byla možnost vyjádřit svůj vlastní názor k problematice ale i ke struktuře dotazníku. Dotazník je dostupný na internetových stránkách:

<https://docs.google.com/spreadsheet/viewform?formkey=dEJVNUdEQURyRWlvUVJkVl9vX0l6c2c6MQ>

Otázky byly vybrány tak, aby byl splněn cíl výzkumu.

- Jakou dotaci hodin má předmět chemie na Vaší škole (vyšší gymnázium)?

cíl: zjistit, zda na vybrané SŠ mají alespoň 2 hodiny chemie/týdně a kolik ročníků

- Mají žáci rozvrhované laboratorní cvičení z chemie (mimo běžné hodiny chemie)?

cíl: získat informace o možnosti vlastní činnosti žáků při laboratorním cvičení a kolikrát za pololetí

- Chemické experimenty zařazují:

cíl: ověřit si, zda učitel zařazuje experimenty jen demonstračně nebo v rámci laboratorního cvičení nebo vůbec

- Podle čeho vybíráte experimenty do výuky?

cíl: zjistit, z čeho učitel čerpá inspiraci pro experimenty, zda z VŠ poznámek, učebnic,...

- Využíváte při experimentech běžný materiál např. potraviny, nápoje, drogistické zboží?

cíl: dozvědět se, zda je tento běžný materiál součástí experimentů či zda učitel nezná experimenty s ním

- Ve kterém ročníku vyučujete téma - přírodní látky?

cíl: zjistit, ve kterém ročníku je zařazeno téma přírodní látky

- Při experimentech s přírodními látkami se zaměřuji na:

cíl: ověřit si, které přírodní látky učitel vybírá pro experimenty

- Uveďte, prosím, názvy experimentů s přírodními látkami, které zařazujete do výuky chemie:

cíl: uvést přesné názvy experimentů s přírodními látkami

- Uvítali byste sbírku experimentů s přírodními látkami a materiálem z domácnosti?

cíl: zjistit, zda je zájem o další návody na experimenty, a motivovat učitele k vyplnění dotazníku

#### 4.1.2.1 POSTUP VLASTNÍHO PEDAGOGICKÉHO VÝZKUMU

Nejprve byly formulovány otázky a k nim vytvořeny možné odpovědi. U většiny otázek byla poslední odpověď „jiná možnost“, kde učitel mohl odpovědět podle svého úsudku a rozepsat se více k dotazovanému tématu nebo měl možnost

vypsat více odpovědí do tohoto nabízeného políčka (z důvodu, že v elektronickém dotazníku nešlo označit více odpovědí současně).

Poté byl vytvořen interaktivní dotazník pomocí služby Google Docs, která je bezplatná. Následně byli osloveni náhodně vybraní učitelé chemie na SŠ, převážně z gymnázií, kde se předmět chemie učí v širším rozsahu. Pokud bylo možné dohledat e-mail přímo na učitele chemie na vybrané škole, byl mu zaslán mail s prosbou o vyplnění dotazníku. Jinak byl dotazník zaslán e-mailem na sekretariát školy, zda by ho předali učiteli chemie. Snahou bylo rozeslat dotazník do všech krajů v ČR. Odpovědi učitelů, kteří vyplnili dotazník, byly zpracovány v programu Microsoft Excel.

Žádosti o vyplnění dotazníku byly poslány celkem na 102 SŠ v ČR během druhého pololetí školního roku 2011/2012.

#### 4.1.2.2 VÝSLEDKY DOTAZNÍKOVÉHO ŠETŘENÍ NA SŠ V JEDNOTLIVÝCH KRAJÍCH

Z celkem 102 SŠ se vyplněný dotazník vrátil z 57, návratnost činí tedy 56 % (viz tabulka 2). Na stejné škole bylo osloveno více učitelů z důvodu možnosti výběru jiných experimentů, než využívá jeho kolega, čerpání inspirace pro experimenty a další. Dotazník vyplnilo celkem 68 učitelů z oslovených 132, což je 51 %.

TABULKA 2: POČET VYPLNĚNÝCH DOTAZNÍKŮ

Typ SŠ	Počet oslovených škol	Počet škol, kde byl vyplněn dotazník	Návratnost
Gymnázia	93	52	56 %
SOŠ	9	5	56 %

Z tabulky 2 je zřejmé, že žádost o vyplnění dotazníku byla poslána především na gymnázia. Vyplněné dotazníky přišly z 52 gymnázií a 5 středních odborných škol (SOŠ).



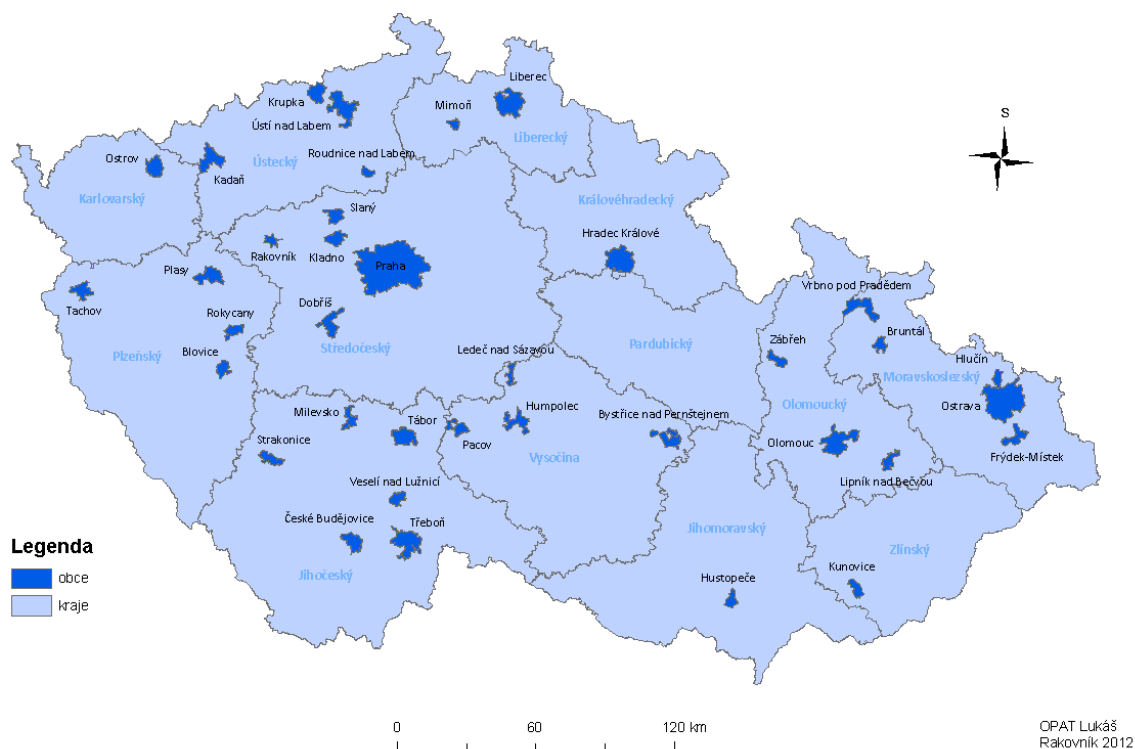
TABULKA 3: POČET VYPLNĚNÝCH DOTAZNÍKŮ V KRAJÍCH

Kraj	Počet oslovených SŠ v kraji	Počet SŠ v kraji, kde byl vyplněn dotazník	Návratnost dotazníku v kraji
Praha	25	18	72 %
Středočeský kraj	12	4	33 %
Ústecký kraj	5	4	80 %
Plzeňský kraj	4	4	100 %
Jihočeský kraj	11	8	72 %
Kraj Vysočina	5	4	80 %
Královéhradecký kraj	7	1	14 %
Pardubický kraj	3	0	0%
Moravskoslezský kraj	12	7	58 %
Olomoucký kraj	5	3	60 %
Liberecký kraj	2	2	100 %
Jihomoravský kraj	10	1	10 %
Zlínský kraj	1	1	100 %

Z tabulky 3 vyplývá, že z každého kraje v ČR došel vyplněný dotazník alespoň z 1 SŠ kromě kraje Pardubického, kam byly poslány žádosti na 3 různé SŠ.

Na obrázku 22 je patrné rozmístění SŠ v krajích České Republiky, ze kterých přišly vyplněné dotazníky. V Pardubickém kraji bohužel nedošlo ke spolupráci.

Přehledová mapa ČR - krajů s vyznačenými obcemi zapojenými do dotazníkového šetření

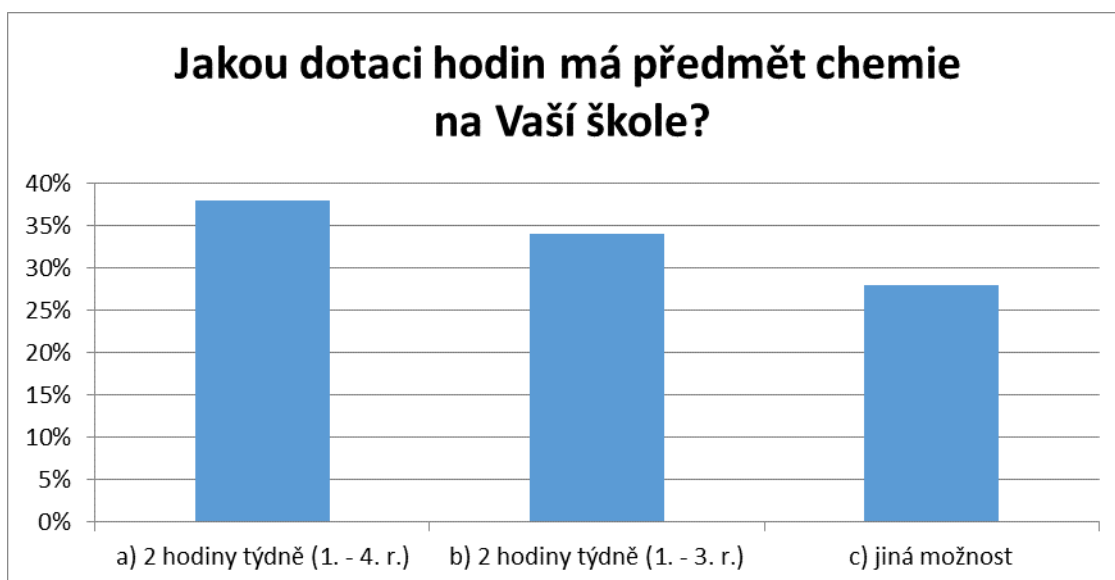


OBRÁZEK 22: VYZNAČENÁ MĚSTA V KRAJÍCH S VYPLNĚNÝMI DOTAZNÍKY

#### 4.1.2.3 ODPOVĚDI STŘEDOŠKOLSKÝCH UČITELŮ NA OTÁZKY V DOTAZNÍKU

V následujícím textu jsou uvedeny získané odpovědi od 68 středoškolských učitelů chemie, kteří vyplnili dotazník. Odpovědi jsou graficky zpracovány a okomentovány. Počet odpovědí je přepočítán na procenta z důvodu větší přehlednosti.

1. Jakou dotaci hodin má předmět chemie na Vaší škole (vyšší gymnázium)?
  - a) 2 hodiny týdně (1. - 4. ročník)
  - b) 2 hodiny týdně (1. - 3. ročník)
  - c) jiná možnost:

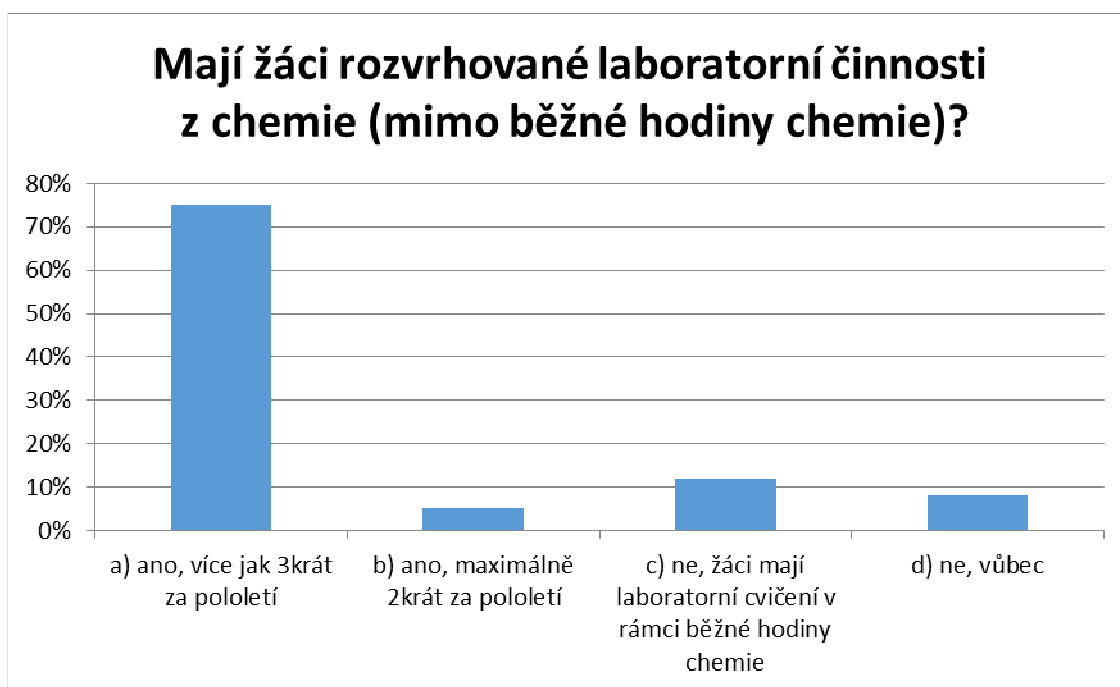


GRAF 1: ANALÝZA ODPOVĚDÍ NA 1. OTÁZKU

Z grafu 1 vyplývá, že nejvíce učitelů (38 %) odpovědělo na 1. otázku variantou a), na jejich škole má předmět chemie dotaci 2 hodiny týdně (1. - 4. ročník). 34 % odpovědí byla varianta b) a 28 % učitelů odpovědělo za c) jinou možnost. Tato odpověď byla velmi různorodá, učitelé se většinou neshodovali, pravděpodobně z důvodu různých typů škol (gymnázium - SOŠ). Jako odpovědi byly uváděny např. 2 hodiny (1. - 2. ročník), 4 hodiny (1. ročník) a 2 hodiny (2. ročník), 3 hodiny (1. - 3. ročník) atd.

2. Mají žáci rozvrhované laboratorní cvičení z chemie (mimo běžné hodiny chemie)?

- a) ano, více jak 3krát za pololetí
- b) ano, maximálně 2krát za pololetí
- c) ne, žáci mají laboratorní cvičení v rámci běžné hodiny chemie
- d) ne, vůbec
- e) jiná možnost:

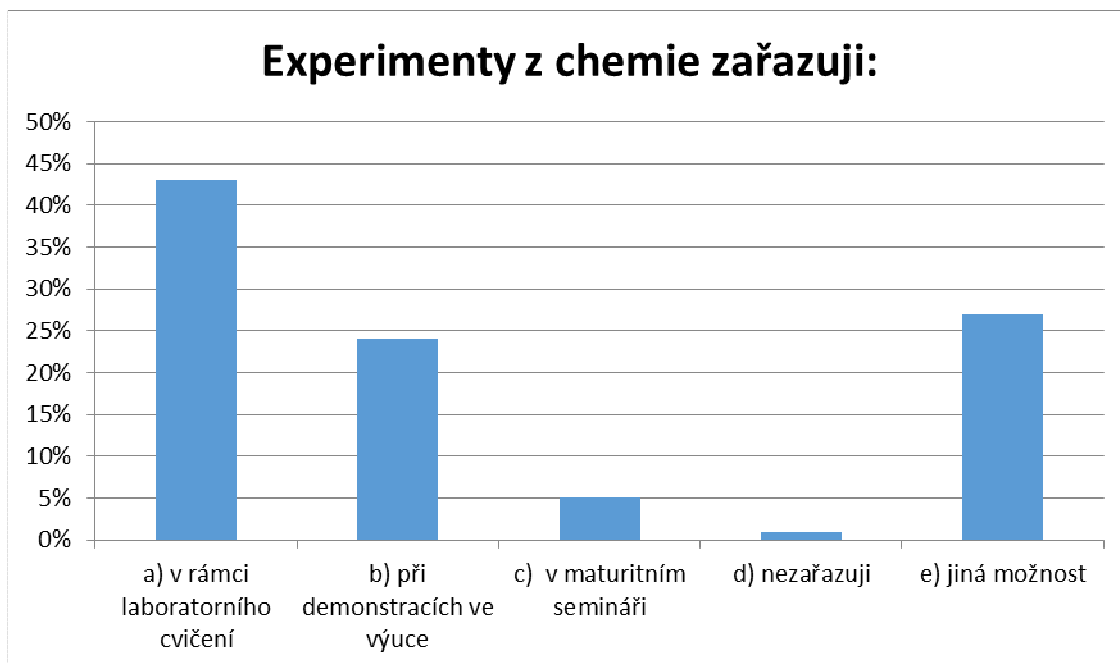


GRAF 2: ANALÝZA ODPOVĚDÍ NA 2. OTÁZKU

Z grafu 2 je zřejmé, že učitelé na druhou otázku odpovídali především pomocí možnosti za a) ano, více jak 3krát za pololetí (75 %). Mnozí zaškrtnuli variantu za e) jiná možnost, kde uvedli, že žáci mají laboratorní cvičení např. jen ve 2. ročníku nebo ve 2. a 3. ročníku nebo jako samostatný předmět. Tyto odpovědi jsou teoreticky odpovědí za a), proto jsou sem přeřazeny. 8 % odpovědí, překvapivě ze třech gymnázií, bylo pro variantu za d) ne, vůbec. Což znamená, že žáci na jejich školách pravděpodobně nemají možnost vyzkoušet si sami experimentální činnost v rámci výuky chemie. Varianta za e) není zařazena do grafu, neboť všechny odpovědi učitelů v této variantě spadají do varianty a).

### 3. Experimenty z chemie zařazují:

- a) v rámci laboratorního cvičení
- b) při demonstracích ve výuce
- c) v maturitním semináři
- d) nezařazují
- e) jiná možnost:

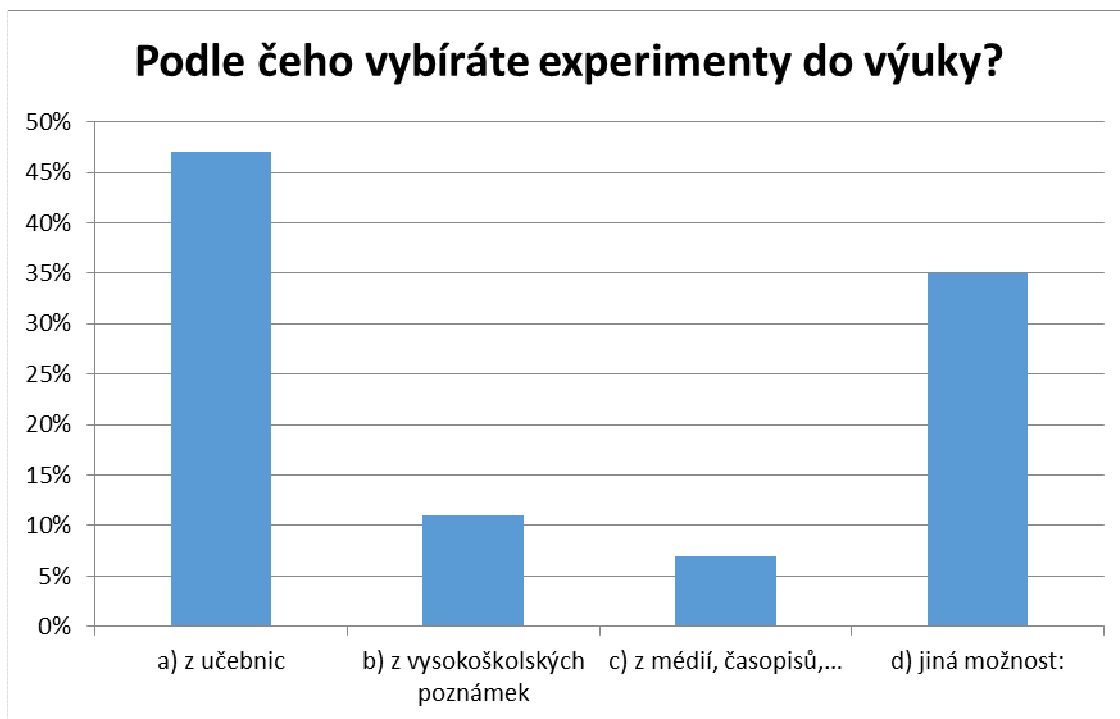


GRAF 3: ANALÝZA ODPOVĚDÍ NA 3. OTÁZKU

Z grafu 3 je patrné, že učitelé zapojeni do dotazníkového šetření nejvíce zařazují experimenty v rámci laboratorního cvičení (43 %). Variantu za e) si vybrali učitelé, kteří uvedli více možností, jako např. že zařazují experimenty do laboratorního cvičení i při demonstracích (7krát uvedeno) nebo do laboratorního cvičení, demonstrací i semináře (2krát uvedeno). Pouze jeden učitel uvedl, že nezařazuje experimenty.

#### 4. Podle čeho vybíráte experimenty do výuky?

- a) z učebnic
- b) z vysokoškolských poznámek
- c) z médií, časopisů,...
- d) jiná možnost:

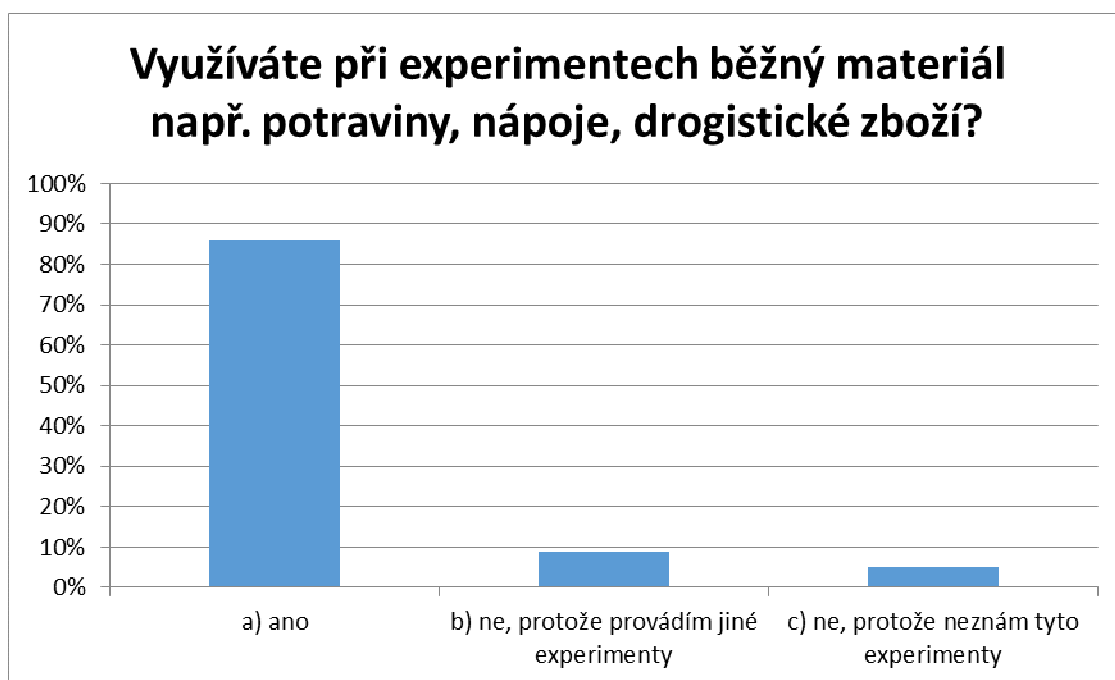


GRAF 4: ANALÝZA ODPOVĚDÍ NA 4. OTÁZKU

Z grafu 4 vyplývá, že většina dotazovaných učitelů (47 %) vybírá experimenty pouze z učebnic, variantu za d) jinou možnost si vybralo 35 % učitelů a uvedli, že využívají všechny uvedené možnosti nebo mají vlastní návody nebo čerpají z vlastní zkušenosti z dřívější praxe v laboratoři. Jeden učitel uvedl, že čerpá inspiraci z akcí např. na PŘF UK v Praze nebo VŠCHT Praha. Ti, co uvedli variantu za c) dodali, že čerpají i z internetu.

5. Využíváte při experimentech běžný materiál např. potraviny, nápoje, drogistické zboží?

- a) ano
- b) ne, protože provádím jiné experimenty
- c) ne, protože neznám tyto experimenty

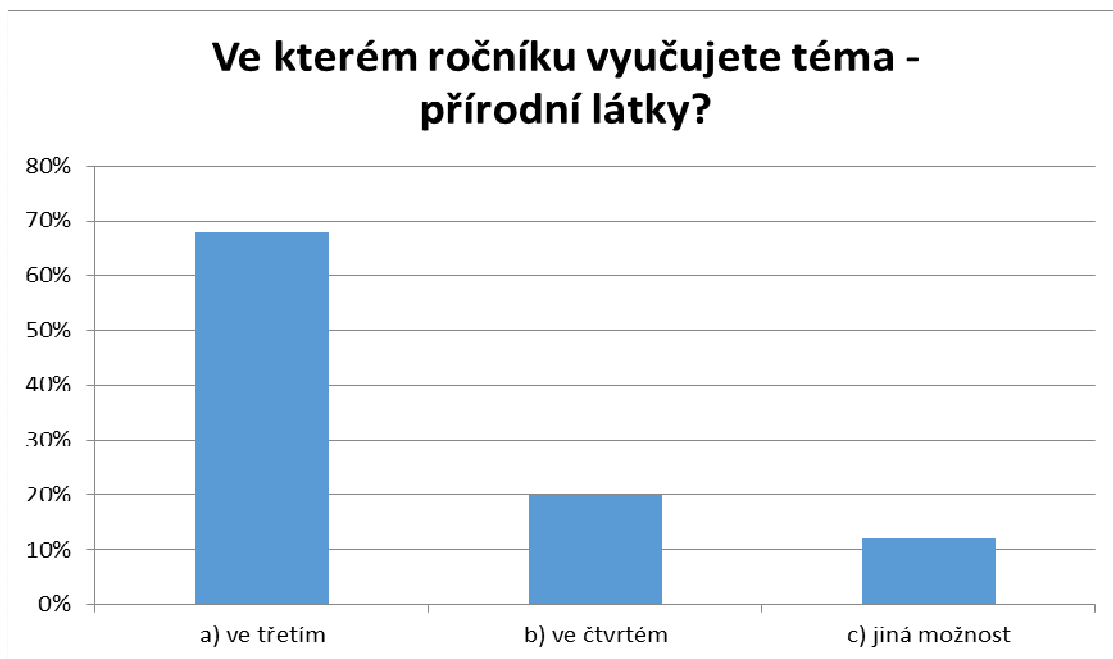


GRAF 5: ANALÝZA ODPOVĚDÍ NA 5. OTÁZKU

Z grafu 5 lze vyčíst, že většina učitelů (86 %) využívá uvedený běžný materiál při experimentech. Pouze 5 % dotazovaných učitelů uvedlo, že nezná experimenty s tímto materiálem.

6. Ve kterém ročníku vyučujete téma - přírodní látky?

- a) ve třetím
- b) ve čtvrtém
- c) jiná možnost:



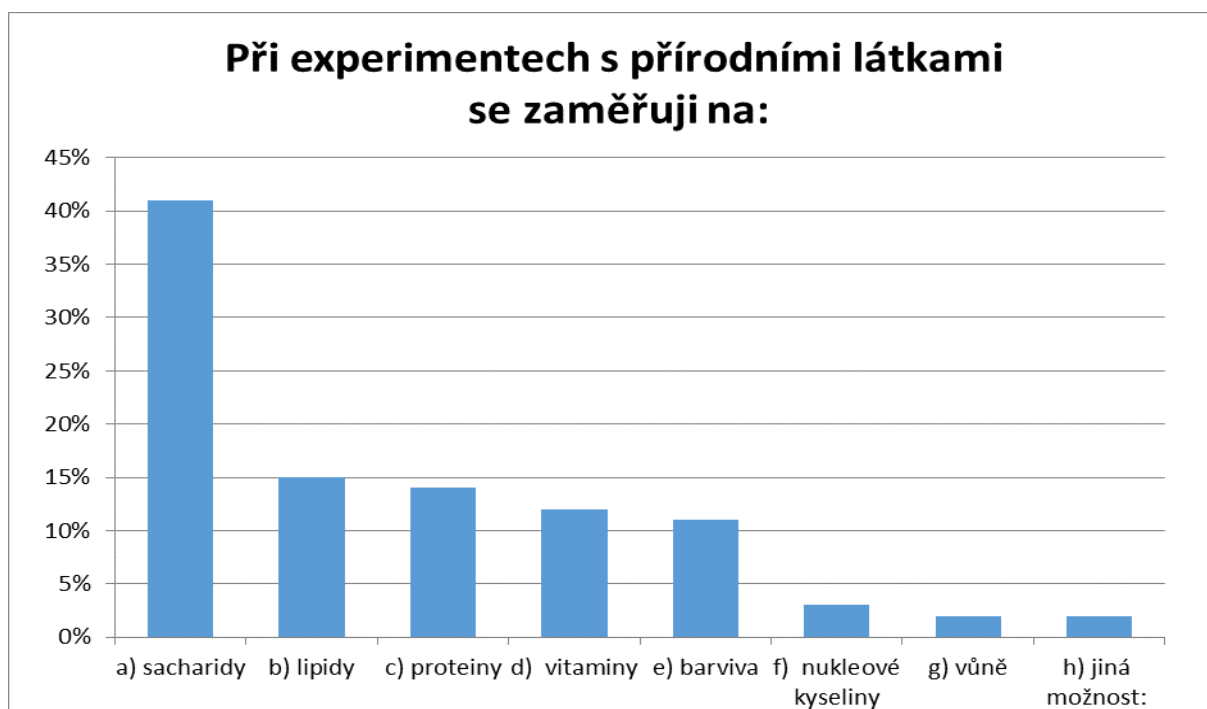
GRAF 6: ANALÝZA ODPOVĚDÍ NA 6. OTÁZKU

Z grafu 6 je zřejmé, že nejčastěji (68 %) byla učiteli zvolena možnost za a) téma přírodní látky vyučují ve třetím ročníku. 12 % učitelů uvedlo odpověď za c) s odůvodněním, že vyučují toto téma např. ve druhém ročníku nebo ve třetím i čtvrtém ročníku nebo jen v semináři.

7. Při experimentech s přírodními látkami se zaměřuji na:

- |              |                      |
|--------------|----------------------|
| a) sacharidy | e) barviva           |
| b) lipidy    | f) nukleové kyseliny |
| c) proteiny  | g) vůně              |
| d) vitaminy  | h) jiná možnost      |





GRAF 7: ANALÝZA ODPOVĚDÍ NA 7. OTÁZKU

Z grafu 7 je patrné, že učitelé se nejvíce zaměřují při svých experimentech s přírodními látkami na sacharidy (41 %), nejméně se pak věnují nukleovým kyselinám (3 %), vůním (2 %) či jiným tématům (učitelé zde uváděli např. terpeny, alkaloidy, glykosidy).

8. Uveďte, prosím, názvy experimentů s přírodními látkami, které zařazujete do výuky chemie:

Tato otevřená otázka je pro celé dotazníkové šetření nejpřínosnější, protože odpověď poskytuje informace, jaké experimenty s přírodními látkami učitelé zařazují do výuky. Z odpovědí lze vytvořit podle podtémat jednotlivé kategorie (uvedené názvy experimentů jsou autentické odpovědi od učitelů) :

#### Experimenty se sacharidy:

- Důkaz sacharidů - 45krát zmíněno
- Hydrolyza škrobu - 7krát zmíněno
- Faraonovi hadi - 5krát zmíněno
- Hoření cukru se skořicí, modrá baňka, výroba papíru - jednou zmíněno

#### Experimenty s bílkovinami:

- Důkaz bílkovin (biuretová reakce) - 30krát zmíněno
- Denaturace bílkovin - 11krát zmíněno
- Xanthoproteinový test - 6krát zmíněno
- Experimenty s mlékem - 2krát zmíněno
- Výroba tvarohu - jednou zmíněno

#### Experimenty s lipidy:

- Výroba a vlastnosti mýdla - 15krát zmíněno
- Důkaz lipidů - 6krát zmíněno
- Rozpustnost lipidů - 3krát zmíněno
- Cholesterol v tucích - 2krát zmíněno
- Teplota měknutí tuků, olejová lampa, dělení oleje s vodou, rozlišení rostlinného a minerálního oleje - jednou zmíněno

#### Experimenty s barvivy:

- Anthokyaniny (např. z červeného zelí, indikátor pH) - 12krát zmíněno
- Chromatografie - 11krát zmíněno

- Extrakce barviva (např. chlorofylu a následná fluorescence) - 5krát zmíněno
- Odbarvení s aktivním uhlím, duha z rajčatové šťávy, reakce barviv, barvení látek - jednou zmíněno

Experimenty s vitaminy:

- Důkaz vitaminů (především vitaminu C) - 14krát zmíněno
- Vlastnosti vitaminů (např. rozpustnost) - 2krát zmíněno

Ostatní experimenty s přírodními látkami:

- Enzymy - např. trávení potravin, funkce ptyalinu - 12krát zmíněno
- Destilace rostlinných silic s vodní parou - 8krát zmíněno
- Experimenty s alkaloidy (např. izolace kofeinu) - 6krát zmíněno
- Příprava vůně (esteru) - 5krát zmíněno
- Experimenty s octem - 3krát zmíněno
- Po stopách kuřáka - 3krát zmíněno
- Důkaz prvků v přírodních látkách - 3krát zmíněno
- Konec gumového medvídka - 2krát zmíněno
- Ostatní jednou zmíněné: izolace hesperidinu z pomerančové kůry, dusičnany v ovoci a zelenině, stanovení aditiv v potravinách, rozbor piva, složení kostí, kyselina šťavelová ve šťovíku

9. Uvítali byste sbírku experimentů s přírodními látkami a materiálem z domácnosti?

- a) ano
- b) ne



GRAF 8: ANALÝZA ODPOVĚDÍ NA 9. OTÁZKU

Z grafu 8 vyplývá, že učitelé zapojeni do tohoto výzkumu by téměř všichni měli zájem o výše zmiňovanou sbírku experimentů.

#### 4.2 DOTAZNÍKOVÉ ŠETŘENÍ V RÁMCI PROJEKTU 5P+

V rámci projektu 5P+ (kapitola 6.1) byly 2. 12. 2013 zrealizovány dva semináře, které se oba zopakovali 13. 6. 2014. Výsledky dotazníkových šetření jsou z obou termínů pro každý seminář zvlášť.

Cílem dotazníkového šetření bylo zjistit názory účastníků:

- k užitečnosti a využitelnosti získaných informací a dovedností ze semináře
- o informovanosti o vybraných experimentech, zda je znají či ne
- ohledně zájmu k připravované sbírce experimentů

Dotazník byl zvolen velmi krátkého rozsahu, obsahoval pouze 3 otázky (z důvodu časových možností účastníků a získání většího počtu vyplněných dotazníků. Pod otázky mohli účastníci napsat vlastní odpověď, případně komentář.

Dotazník byl anonymní. Celkem byl dotazník rozdán 31 učitelům, vrátilo se jich vyplněných 28. Návratnost činí 90 %.

#### 4.2.1 DOTAZNÍKOVÉ ŠETŘENÍ K SEMINÁŘI POKUSY NA TÉMA ISOPRENOIDŮ

První seminář realizovaný v rámci projektu 5P+ (kapitola 6.1.1), kde jsem byla hlavní přednášející, nesl název „Pokusy na téma isoprenoidů“. Na konci semináře, ve kterém si učitelé sami vyzkoušeli experimenty s isoprenoidy, byl účastníkům rozdán krátký dotazník na zhodnocení semináře. Celkem se semináře v 1. termínu zúčastnilo 8 a v 2. termínu 5 účastníků. Návratnost vyplněných dotazníků zde byla 100 %. 7 učitelů bylo s aprobačí Ch-Bi, 5 s aprobačí Ch-Ma, 1 s aprobačí Ch-Fy. 5 učitelů působil mimo Prahu na školách (ZŠ a gymnázia) a 6 učilo na pražských gymnáziích a 2 účastníci na tuto otázku neodpověděli.

Zde jsou výsledky dotazníkového šetření:



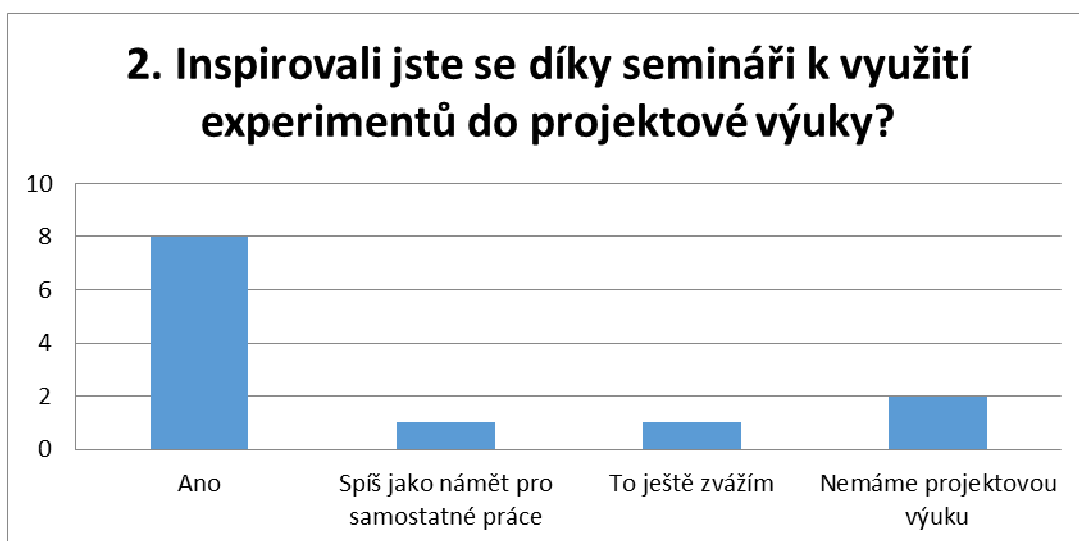
GRAF 9: ODPOVĚDI NA 1. OTÁZKU V 1. SEMINÁŘI 5P+

Z grafu 9 vyplývá, že účastníci semináře považovali alespoň některé experimenty za motivující a že je využijí v praxi. Byly zde záměrně použity dvě otázky, aby se mohli účastníci podělit o svůj názor a více ho rozvinout.

Názory účastníků k první otázce:

- Všechny pro mne byly nové, atraktivní, využitelné

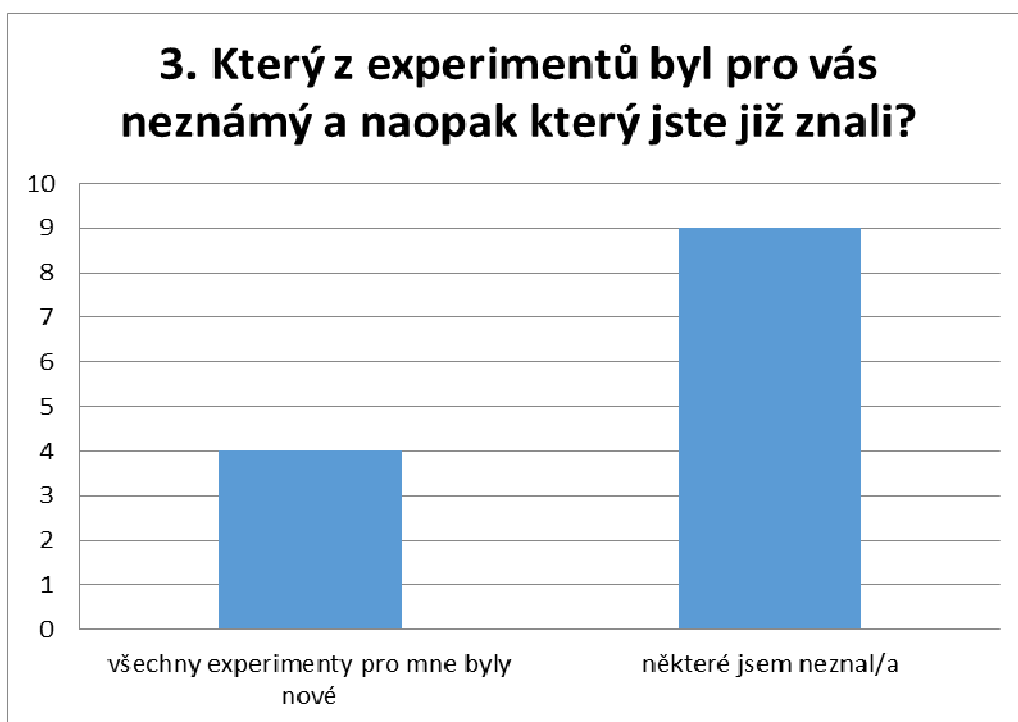
- V praxi např. barvivo z lentilek, tvorba esteru, menthol
- V praxi odbarvení roztoku s  $\beta$ -karotenem,  $\beta$ -karoten, chromatografie
- V praxi izolace mentholu
- Motivující byla chromatografie, vliv mobilní fáze, téma karotenů, extrakce
- Jediný důvod pro jejich nevyužití v praxi by byla materiálová nevybavenost
- V praxi je využiji částečně (2x)



GRAF 10: ODPOVĚDI NA 2. OTÁZKU V 1. SEMINÁŘI 5P+

Z grafu 10 vyplývá, že většina účastníků se inspirovala díky semináři k využití experimentů do projektové výuky. Jeden účastník neodpověděl. Názor jednoho účastníka k otázce:

- Experimenty jsou vhodné k delšímu projektu



GRAF 11: ODPOVĚDI NA 3. OTÁZKU V 1. SEMINÁŘI 5P+

Z grafu 11 vyplývá, že pro 4 účastníky byly všechny experimenty nové a pro zbytek účastníků byla neznámá většina experimentů. Někteří přidali komentář k otázce, který experiment (nebo techniku, materiál) znali:

- znám chromatografie
- pracujeme s lentilkami
- znám betulin
- znám odbarvení roztoku s  $\beta$ -karotenem
- znám cholesterol – extrakci nebo izolaci (3x)

#### 4.2.2 DOTAZNÍKOVÉ ŠETŘENÍ K SEMINÁŘI NMR V TEORII A PRAXI

Druhý seminář realizovaný v rámci projektu 5P+ (viz 6.1.2), kde jsem byla druhá přednášející, nesl název „NMR v teorii a praxi“. Na konci semináře byl účastníkům opět rozdán krátký dotazník na zhodnocení semináře a získání zpětné vazby. Celkem se semináře zúčastnilo 18 učitelů (v 1. termínu 11, v 2. termínu 7), ale vyplněných dotazníků se vrátilo 15 (někteří odešli dříve a nestihli odevzdat

dotazník). Návratnost vyplněných dotazníků činila 83 %. Učitelé měli aprobaci Ch-Bi (7x), Ch-Ma (5x), Ch-Fy (2x) a Ch (1x). 6 učitelů působil mimo Prahu (ZŠ a gymnázia), 5 jich učilo na pražských středních školách (gymnázia a SOŠ) a 4 účastníci na tuto otázku neodpověděli.

Zde jsou výsledky:



GRAF 12: ODPOVĚDI NA 1. OTÁZKU V 2. SEMINÁŘI 5P+

Z grafu 12 vyplývá, že všichni účastníci považovali seminář za přínosný.



GRAF 13: ODPOVĚDI NA 2. OTÁZKU V 2. SEMINÁŘI 5P+



Z grafu 13 vyplývá, že většina účastníků využije poznatky ze semináře na své škole při semináři z chemie. Tři odpověděli, že bohužel ne. Komentáře účastníků k otázce:

- v semináři z Ch nebo přírodovědném (4x)
- bohužel ne, ale vím, co použiji na pečení
- v budoucnu určitě
- spíše zmíním v souvislosti s praktickými aplikacemi chemie



GRAF 14: ODPOVĚDI NA 3. OTÁZKU V 2. SEMINÁŘI 5P+

Z grafu 14 vyplývá, že všichni učitelé se na semináři dozvěděli nějaké nové informace o NMR spektroskopii. Komentáře pod otázkou:

- nové informace pro mne byly o principu metody (4x)
- nové pro mne bylo „čtení“ spekter (3x)
- nové bylo seznámení se s přístroji (2x)

Pod otázkami v dotaznících byla možnost napsat svůj email v případě, že by měl účastník zájem o sbírku s návody na experimenty s přírodními látkami. Všichni odpověděli ano a napsali na sebe kontakt.

## 5 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

---

Ke zdárnému provedení experimentů je důležité používat správně techniku, vědět základní informace o chemikáliích k experimentu potřebných a přírodní látky a samozřejmě dodržovat bezpečnost práce.

### 5.1 POUŽITÉ TECHNIKY

---

Z použitých technik je v kapitole popisována především podrobně chromatografie (TLC a CC), dále extrakce, krystalizace a přidána je základní charakteristika NMR spektroskopie.

#### 5.1.1 TENKOVŘSTVÁ CHROMATOGRAFIE

---

Tenkovrstvá chromatografie (TLC) je metoda, která je často používána k důkazu jednotlivých látek ve směsi. Používá se jako doprovodná metoda při sloupcové chromatografii (CC), aby se zjistila přítomnost látky v jednotlivých frakcích.

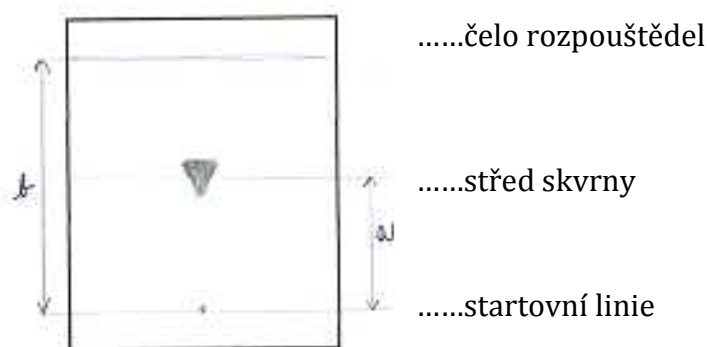
K TLC jsou zapotřebí tyto pomůcky: TLC desky (které lze nastříhat na požadovanou velikost), skleněné kapiláry, pinzeta, vyvíjecí komora, horkovzdušná pistole a chemikálie.

Náročnou fází nového experimentu je volba vhodné mobilní fáze pro TLC. Složení mobilní fáze je vybráno metodou pokusu a omylu. Proto je vhodné si všechny pokusy zaznamenávat. Rozpouštědla podle stoupající polarity uvádí tzv. eluotropická řada, např. ukázka tvořená z běžných rozpouštědel a směsí<sup>77</sup>:

*petrolether < petrolether- dichlormethan (5:1) < petrolether- dichlormethan (1:1) < dichlormethan < dichlormethan- ethylacetát (5:1) < dichlormethan- ethylacetát (1:1) < ethylacetát < ethylacetát- ethanol (2:1) < ethanol < ethanol- kyselina octová (2:1) < kyselina octová*

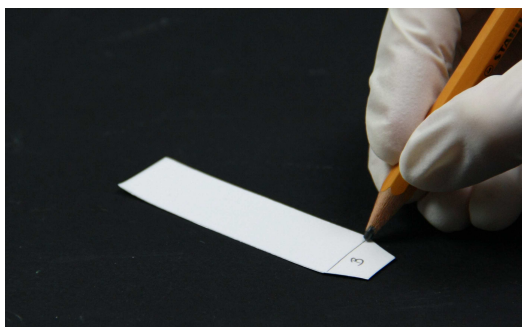
Správná volba mobilní fáze umožňuje mimo jiné viditelný výsledek na TLC destičce v podobě skvrny v určité vzdálenosti od startovní linie. Vzdálenost skvrny od startovní linie je závislá na použitém rozpouštědle a na polaritě látky. Tvar skvrny může být ovlivněn rozpustností látky v mobilní fázi.

Retenční faktor (někdy také retardační faktor,  $R_f$ ) je veličina, která charakterizuje chromatografické vlastnosti látek. Vypočítá se jako podíl vzdálenosti skvrny od startovní linie (a) a vzdálenosti čela od startovní linie (b). Nabývá hodnot od 0 do 1 (obrázek 23). Kritériem při výběru rozpouštědla na sloupcovou chromatografii je mimo jiné hodnota  $R_f$ , která by měla být 0,3 - 0,4.



OBRAZEK 23: VÝPOČET RETENČNÍHO FAKTORU

Při TLC se připraví všechny potřebné pomůcky, nakreslí se startovní linie na TLC destičku (obrázek 24) a poté se látka rozpuštěná v rozpouštědle nanáší kapilárou (obrázek 25) na start destičky (asi 5 mm nad dolním okrajem, opakovaně na stejné místo). Pokud je nanesených vzorků na jedné TLC více, je zapotřebí, aby měly od sebe dostatečnou vzdálenost. Rozpouštědlo se nechá krátce zaschnout a poté je destička vložena do vyvíjecí komory s mobilní fází (obrázek 26). Aby nedocházelo k úniku par, musí být komora po celou dobu vztlínání zavřena. Po dosažení čela rozpouštědla (několik mm pod horní okraj destičky) se destička vyjme a provede se detekce, např. použitím UV lampy (obrázek 27) nebo vložením destičky do 10% kyseliny sírové (obrázek 28) či jiného detekčního činidla (např. AMC). Při použití UV záření je vidět výsledek ihned, při použití činidla je často zapotřebí použít vysokou teplotu (např. horkovzdušnou pistolí – obrázek 29).



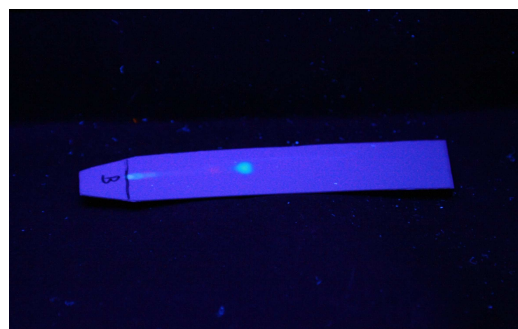
OBRÁZEK 24: NÁKRES STARTOVNÍ LINIE



OBRÁZEK 25: NANÁŠENÍ VZORKU KAPILÁROU



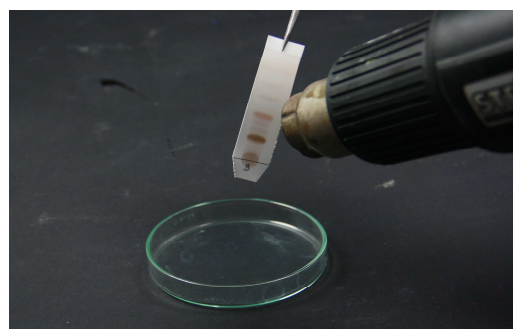
OBRÁZEK 26: VLOŽENÍ TLC DESTIČKY DO KOMORY



OBRÁZEK 27: DETEKCE POD UV LAMPOU



OBRÁZEK 28: DETEKCE KYSELINOU SÍROVOU



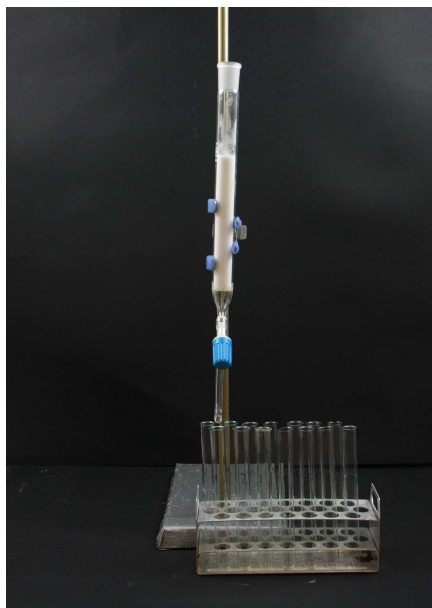
OBRÁZEK 29: DETEKCE HORKOVZDUŠNOU PISTOLÍ

### 5.1.2 SLOUPCOVÁ CHROMATOGRRAFIE

Sloupcová chromatografie (CC) se užívá k získání čistého produktu. Patří k metodám, které mají delší dobu zpracování. Mobilní fáze je rozpouštědlo, které se pohybuje sloupцем adsorbentu pomocí gravitace. Volí se takové, které dobře vyvíjí vzorek na tenké vrstvě (na TLC destičce). Jako stacionární fáze se nejčastěji používá silikagel, který se smíchá s mobilní látkou a směs se nalije do trubice. Upustí se mobilní látka tak, aby silikagel sesedl a přitom sloupec nevyschnul. Na vrchol sloupce silikagelu se umístí směs látek, kterou chceme chromatograficky

čistit, rozpuštěna v co nejmenším množství rozpouštědla. Poté se přidává mobilní fáze do té doby, než chtěná látka vyteče ze sloupce. Dělení by nemělo být přerušováno, aby sloupec nevyschnul.

Frakce se odchyťávají např. do očíslovaných zkumavek (obrázek 30), ze kterých se provádí důkaz látky pomocí TLC. Poté následuje odpaření rozpouštědla z frakcí s prokázanou látkou.



OBRÁZEK 30: SLOUPCOVÁ CHROMATOGRRAFIE

---

### 5.1.3 EXTRAKCE

---

Extrakce se používá k získání vybrané látky z materiálu rozpuštěním do vhodného rozpouštědla. Pro zisk většího množství dané látky se nechává extrahovat materiál několik dní či zahřátím směsi pod zpětným chladičem, aby se rozpouštědlo nevypařilo a neustále cirkulovalo (obrázek 31).



OBRÁZEK 31: APARATURA PRO EXTRAKCI

---

#### 5.1.4 KRYSTALIZACE

---

Krystalizace je metoda sloužící k oddělování složek ze směsi, která je založena na rozdílné rozpustnosti látek při určité teplotě<sup>78</sup>. Z připraveného nasyceného roztoku směsi látek za horka se při ochlazování získávají vykrystalované složky směsi, které jsou v použitém rozpouštědle/ směsi rozpouštědel za laboratorní teploty/ chlazení nejméně rozpustné<sup>30</sup>.

Izolovat látku z roztoku ve formě krystalů je možné několika způsoby krystalizace. Často používanou metodou je rušená krystalizace, při které se získají drobnější krystalky ale ve vyšší čistotě. Nevýhodou této metody je menší výtěžek. Tuto metodu lze použít u látek, které mají výrazně vyšší rozpustnost za horka než za studena. Postup: za horka nasycený roztok se zahustí, přefiltruje a za stálého míchání chladí až do vypadnutí krystalů. Pro vznik větších krystalů (a v případě nemožnosti využití první zmiňované metody) je vhodnější metoda volné krystalizace. Nasycený roztok látky (za studena či za horka) se nechá stát na klidném místě při stálé teplotě. Dochází k pomalému odpařování rozpouštědla. Obvykle se touto metodou získají větší krystaly<sup>79, 80</sup>.

Urychlit krystalizaci je možné odpařováním rozpouštědla. To vede k nejvyšším výtěžkům, ale k nejvíce znečištěnému produktu. Zde je vhodné získaný produkt přechistit rekrystalizací. Nejobtížnější metodou je krystalizace taveniny<sup>79</sup>.

---

### 5.1.5 NUKLEÁRNÍ MAGNETICKÁ REZONANCE

---

Nukleární magnetická rezonance, NMR, je fyzikálně chemická spektrální metoda používaná v chemii k jednoznačné charakterizaci látky, která byla např. izolována ze směsi látek. Pomocí NMR spektroskopie je možné kontrolovat čistotu látky, potvrdit strukturu látky, určit poměr látek ve směsi či prokázat přítomnost látky ve směsi. Více informací k této metodě lze nalézt v příloze na CD ve studijním materiálu k semináři Nukleární magnetická rezonance v teorii a praxi.

---

### 5.2 POUŽÍVANÉ POMŮCKY

---

Mezi používané pomůcky při vlastní laboratorní činnosti patřily jak klasické pomůcky ze školní chemické laboratoře, které jsou běžné na většině SŠ (skleněné a porcelánové nádobí, kovové pomůcky), tak i méně tradiční jako je např. vybavení na tenkovrstvou a sloupcovou chromatografii, pomůcky pro extrakci. Výhodou při práci v laboratoři KUDCh PřF UK bylo použití vakuové rotační odparky, která urychlila práci při odpařování a využití NMR přístroje k identifikaci a potvrzení čistoty izolované látky.

V příloze č. 6 je uveden seznam méně běžných laboratorních pomůcek potřebných k některým experimentům. Pro orientaci je uvedena cena.

---

### 5.3 POUŽÍVANÉ CHEMIKÁLIE

---

V příloze č. 5 je uveden výčet použitých chemikálií, jejich cena a výstražné symboly nebezpečnosti pro jednotlivé látky.

---

### 5.4 TECHNICKÉ POZNÁMKY K EXPERIMENTÁLNÍ ČÁSTI

---

Čistota vzorků byla sledována pomocí tenkovrstvé chromatografie na fóliích Kieselgel 60 F 254 (Merck). Detekce TLC fólií byla prováděna postřikem 10% kyselinou sírovou a zahřátím či AMC činidlem a zahřátím. Pro sloupcovou chromatografii byl používán silikagel Kieselgel 60 (63 – 200  $\mu\text{m}$ , Merck).

NMR spektra byla měřena na přístroji Bruker Avance III - 600.  $^1\text{H}$  NMR spektra byla měřena při pracovní frekvenci 600.1 MHz,  $^{13}\text{C}$  spektra při pracovní

frekvenci 150.9 MHz, při teplotě 25 °C. Spektra byla měřena v CDCl<sub>3</sub> a acetonu-d<sub>6</sub>. <sup>1</sup>H NMR spektra měřená v CDCl<sub>3</sub> byla referencována na signál rozpouštědla (δ<sub>H</sub> 7.26 ppm). Chemické posuny v <sup>13</sup>C NMR spektrech byly referencovány na signál rozpouštědla CDCl<sub>3</sub> (δ<sub>C</sub> 77.00 ppm). <sup>1</sup>H NMR spektra měřená v acetonu-d<sub>6</sub> byla referencována na signál rozpouštědla (δ<sub>H</sub> 2.05 ppm). Chemické posuny v <sup>13</sup>C NMR spektrech byly referencovány na signál rozpouštědla acetonu-d<sub>6</sub> (δ<sub>C</sub> 29.92 ppm).

## 5.5 NÁVODY NA EXPERIMENTY

---

V následující kapitole se nachází soubor návodů na experimenty s přírodními látkami, které jsem v rámci své disertační práce navrhla. Na začátku každého tématu je krátké představení experimentu. Poté následuje popis konkrétní přírodní látky vztahující se k experimentu, je uveden vzorec (vytvořen v programu ChemDraw) a popis, který je doplněn o zajímavosti zjištěné především z odborných článků mezinárodních časopisů. Dále je v návodu experimentu popsán postup, pozorování a také poznatky, které z experimentu plynou.

Všechny návody jsou doplněny autorskými fotografiemi pořízenými v laboratoři KUDCh PřF UK.

Připojeny jsou i náměty na další doplňující experimenty vztahující se k hlavnímu tématu, jako jsou např. důkazové reakce.

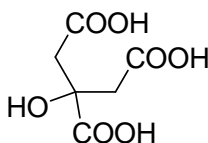


### Představení experimentu

Experiment je zaměřen na důkaz citronové a vinné kyseliny pomocí vápenné vody. Pro doplnění je použita i jablečná kyselina. Nejprve jsou použity pro ověření experimentu čisté hydroxykarboxylové kyseliny, poté byl proveden důkaz těchto kyselin v přírodním materiálu – vymačkaná šťáva z citronu a víno.

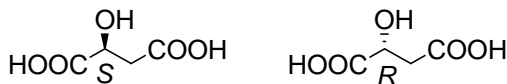
### Představení přírodních látek

#### CITRONOVÁ KYSELINA



Citronová kyselina, 2-hydroxypropan-1,2,3-trikarboxylová kyselina, je bílá krystalická látka, která se vyskytuje v citrusových plodech, především v citronech, limetkách a grapefruitech. Používá se v potravinářství s označením E330 jako regulátor kyselosti, zabraňuje růstu bakterií, kvasinek a plísní a proto se používá jako konzervant např. do marmelád. Zabraňuje žluknutí tuků a olejů, kde působí jako antioxidant. Používá se jako univerzální odvápnovač, např. u rychlovarných konvic. Využití našla i v lékařství např. při sedimentaci, kde zabraňuje srážení krve. Plíseň rodu *Aspergillus niger* dokáže produkovat citronovou kyselinu, čehož se využívá v průmyslové výrobě. Přírodní cestou lze získat citronovou kyselinu ze šťávy citrusů fermentací surového cukru<sup>81</sup>.

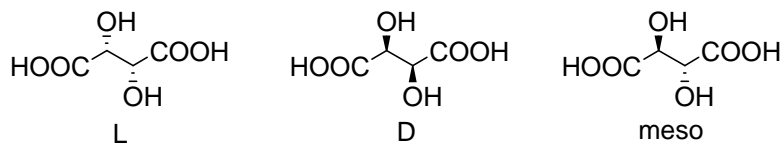
#### JABLEČNÁ KYSELINA



Jablečná kyselina, hydroxybutandiová kyselina, je bílá pevná látka, která je dobře rozpustná ve vodě a má kyselou chuť. Vyskytuje se v přírodě v L-formě (S-izomer), nejvíce v nezralém ovoci jako jsou zelená jablka, višně, hrozny, meruňky, hrušky. D-forma se vyrábí synteticky. Do potravinářských výrobků se dodává směs L- a D-formy pod označením E296. Využívá se také v kosmetickém průmyslu, kde

se přidává do pleťových masek a krémů, kde zvýrazňuje barvu pleti. Její anion malát je součástí citrátového cyklu<sup>82</sup>.

## VINNÁ KYSELINA



Vinná kyselina, 2,3-dihydroxybutandiová kyselina, tvoří bílé krystaly bez zápachu kyselé chuti a je dobře rozpustná ve vodě. Vyskytuje se v D-, L- nebo meso-formě. Nachází se v ovoci (L-forma a racemická vinná kyselina - hroznová kyselina), např. v hroznovém víně, banánech a jiných plodech rostlin. Ve víně je jednou z nejvíce zastoupených kyselin. Používá se v potravinářství s označením E334 jako regulátor kyselosti potravin – ovocných nápojů, vín, cukrovinek, želé, pekařských výrobků, mražených mléčných výrobků, kyselá složka prášků do pečiva, jako emulgátor regulující proces rosolovatění nebo jako zvlhčující látka. Schopností vázat železnaté a měďnaté ionty katalyzující samovolnou oxidaci tuků zabraňuje jejich žluknutí. Ve velkém množství má projímavé účinky a může způsobit zánět žaludku a střev. Získává se jako vedlejší produkt z hroznů při výrobě vína. Z vinné kyseliny je odvozena Seignettova sůl nebo-li vinan sodno-draselný, který je součástí Fehlingova činidla používaného k důkazu redukujících sacharidů. Rozpustnost vinanu vápenatého se zvyšuje s teplotou<sup>83,84</sup>.

#### 5.5.1.1 DŮKAZ CITRONOVÉ A VINNÉ KYSELINY V PŘÍRODNÍM MATERIÁLU

---

##### Návod na experiment

**Pomůcky:** kádinka, topné těleso (kahan), pH papírky, nálevky s filtračními papíry, bílé víno (nápoj), citron

**Chemikálie:** čerstvá vápenná voda, citronová kyselina, vinná kyselina, jablečná kyselina, destilovaná voda, uhličitan vápenatý, koncentrovaná kyselina chlorovodíková, koncentrovaná kyselina sírová

**Postup:** Bylo naváženo 0,5 g citronové kyseliny, která byla v kádince rozpuštěna v malém množství vody (pH = kyselé), aby se právě rozpustila. Za stálého míchání byl přiléván čerstvě připravený roztok vápenné vody (nasycený roztok hydroxidu vápenatého, přefiltrovaný) do té doby, až vzniklo zásadité pH (cca 400 ml roztoku, změřeno pH indikátorovým papírkem). Stejný postup byl proveden s vinnou a jablečnou kyselinou. Pak byly roztoky zahřáty k varu a ponechány vařit cca 2 minuty. Roztok se nechal zchladnout na laboratorní teplotu, a pokud vznikla sraženina, byla oddělena filtrací.

Poté byl k experimentu použit přírodní materiál, a to bílé víno (nápoj 20 ml) a vymačkaná přefiltrovaná šťáva z citronu (10 ml).

**Pozorování:** Citronová kyselina je rozpustná ve vodě, pH roztoku bylo kyselé. Po přidání vápenné vody zůstal roztok čirý a bezbarvý, pH bylo zásadité. Při zahřívání docházelo ale ke změně, roztok se začal zprvu lehce zakalovat a s blížící se teplotou varu byla vidět vznikající bílá sraženina. Po ukončení zahřívání byla sraženina odfiltrována a vysušena. Bylo získáno 0,11 g citronanu vápenatého.

Vinná kyselina je rozpustná ve vodě, roztok je kyselý. Po přidání vápenné vody až do zásaditého roztoku docházelo ke vzniku mléčného zakalení a tedy tvorbě sraženiny již při laboratorní teplotě, při zahřátí na teplotu varu docházelo k jejímu rozpuštění.

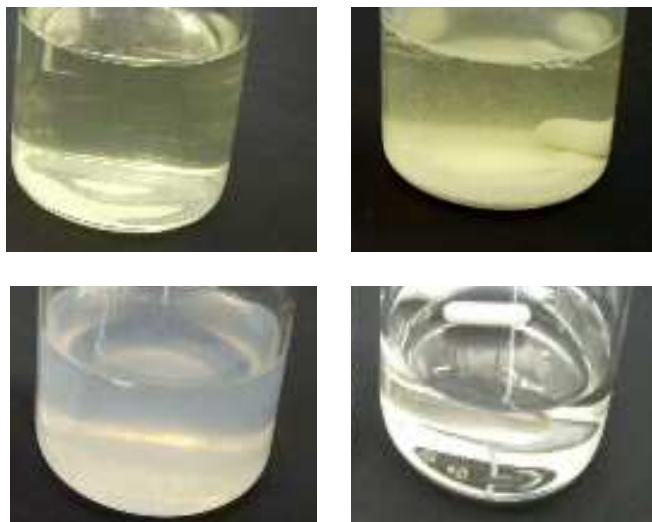
Kyselý roztok jablečné kyseliny, čirý a bezbarvý, se nezakalil ani při laboratorní teplotě ani při zahřívání na teplotu varu.

Na obrázku 32 je soubor fotografií, kde v prvním řádku jsou za laboratorní teploty vápenaté soli citronové, vinné a jablečné kyseliny a v druhém řádku ve stejném pořadí soli těchto kyselin po dvou minutách varu.



OBRÁZEK 32: SŮL CITRONOVÉ, VINNÉ A JABLEČNÉ KYSELINY ZA LABORATORNÍ T A PO 2 MINUTÁCH VARU

V případě použití přírodního materiálu byla sraženina vzniklá za laboratorní teploty pozorována u bílého vína, u citronové šťávy nikoliv. Vzniklá sraženina byla u vína odfiltrována a k varu byl zahříván filtrát, aby byla lépe pozorována případně vznikající sraženina citronanu vápenatého. Na obrázku 33 je soubor fotografií - detailů, kde v prvním řádku je vápenatá sůl z citronové šťávy za laboratorní teploty a po varu, v druhém řádku je vápenatá sůl z bílého vína za laboratorní teploty (vznikla sraženina, která byla přefiltrována).



OBRÁZEK 33: VÁPENATÁ SŮL Z CITRONOVÉ ŠŤÁVY (PRVNÍ ŘÁDEK) A BÍLÉHO VÍNA (DRUHÝ ŘÁDEK)

**Poznatky:** Citronová, vinná a jablečná kyselina reagují s vápennou vodou za vzniku vápenatých solí, u kterých se liší rozpustnost při laboratorní a zvýšené teplotě (tabulka 4)<sup>85</sup>.

TABULKA 4: ROZPUSTNOST VÁPENATÝCH SOLÍ VYBRANÝCH KARBOXYLOVÝCH KYSELIN

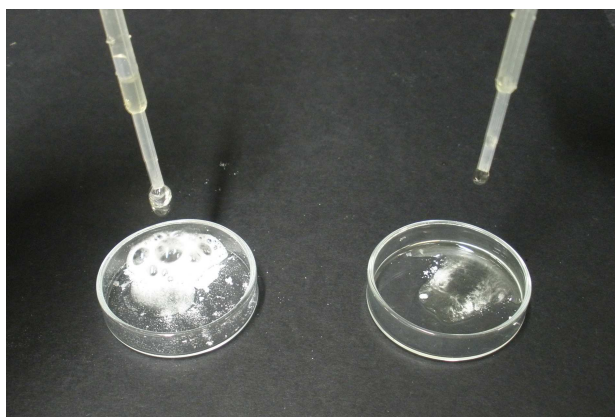
citronan vápenatý	rozpustný (při lab.t)	sraženina (za varu)
jablečnan vápenatý	rozpustný (při lab.t)	rozpustný (za varu)
vinan vápenatý	sraženina (při lab.t)	rozpustný (za varu)

Citronová šťáva obsahuje citronovou kyselinu, která při reakci s vápennou vodou vytvoří sraženinu při varu. Bílé víno obsahuje vinnou kyselinu, která při reakci s vápennou vodou vytvoří sraženinu již za laboratorní teploty.

#### Doplňující experimenty k tématu:

- Jak lze dokázat, že vzniklý produkt reakce s citronovou kyselinou resp. vinnou není vápenec vzniklý při míchání roztoku reakcí vápenné vody s oxidem uhličitým?

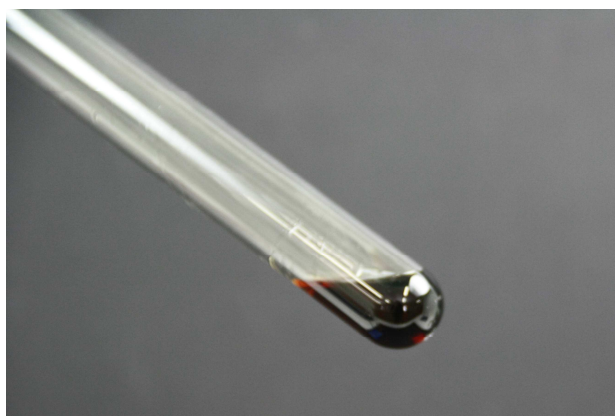
*Odpověď: vápenec reaguje s kyselinou chlorovodíkovou za vzniku chloridu vápenatého, vody a oxidu uhličitého, který se projeví šuměním směsi, citronan vápenatý nereaguje za uvolnění oxidu uhličitého (obrázek 34). U produktu/productů z výše popsaného experimentu nedochází k šumění.*



OBRÁZEK 34: DŮKAZ S KYSELINOU CHLOROVODÍKOVOU (NA PRVNÍ MISCE JE VÁPENEC, V DRUHÉ JE CITRONAN VÁPENATÝ)

- Jak lze dokázat, že vzniklý produkt je organická látka?

*Odpověď: produkt po přidání koncentrované kyseliny sírové při zahřátí zuhelnatí (obrázek 35).*



OBRÁZEK 35: DŮKAZ S KYSELINOU SÍROVOU

- Jak lze vyvrátit, že vzniklá sraženina v roztoku citronové kyseliny s vápennou vodou je hydroxid vápenatý, jehož rozpustnost klesá rovněž s rostoucí teplotou.

*Odpověď: zjištění pH roztoku sraženiny (citronanu vápenatého) pomocí pH papírku, hydroxid vápenatý by měl zásadité pH, citronan má neutrální pH (obrázek 36).*



OBRÁZEK 36: DŮKAZ S PH PAPIRKEM

---

## 5.5.2 MENTHOL V PŘÍRODĚ I POTRAVINÁCH

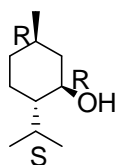
---

### Představení experimentu

V tomto tématu jsou experimenty zaměřené na důkaz a izolaci mentholu, porovnání vůně mentholu a esteru. Použit je jak přírodní materiál, tak výrobky obsahující menthol. Struktura byla potvrzena pomocí NMR (příloha 7).

### Představení přírodní látky

MENTHOL



Menthol, 2-isopropyl-5-methylcyklohexan-1-ol, se vyskytuje v mátě peprné *Mentha piperita*. Při laboratorní teplotě je to bílá či bezbarvá krystalická látka



lipofilní povahy, ve vodě je pouze slabě rozpustná. Menthol patří mezi monoterpeny, které vykazují protinádorovou aktivitu, inhibuje nádorové bujení prsu, prostaty a jater. Působí proti nachlazení, uvolňuje dýchací cesty a tlumí kašel. Mátový čaj či mátová silice působí proti nadýmání<sup>60</sup>. Menthol vyvolává chladivou chuť (čerstvost, mátovitost) díky níž je v potravinářství přidáván do žvýkaček, bonbónů (jeho vysoký obsah je např. v bonbonech Fisherman's friends) a nápojů. Tato chladivá látka je také používána v drogistickém průmyslu při výrobě zubních past, ústních vod, šampónů, parfémů, masážních gelů atd<sup>63</sup>. Má také mírně anestetické účinky, přidává se např. do náplastí na bolesti hlavy<sup>86</sup>. Menthol má i některé negativní účinky. Je těkavý a proto se nemůže používat do kosmetických krémů, vyvolával by podráždění očí. Ve vyšších koncentracích má hořkou chuť a ostrou vůni. Používá se jako standard pro posouzení chladivých účinků látek<sup>63</sup>.

#### 5.5.2.1 EXTRAKCE MENTHOLU Z PŘÍRODNÍHO MATERIÁLU A DŮKAZ MENTHOLU POMOCÍ TLC

---

##### Návod na experiment

**Pomůcky:** máta peprná (čerstvá), třecí miska, pomůcky pro TLC, horkovzdušná pistole

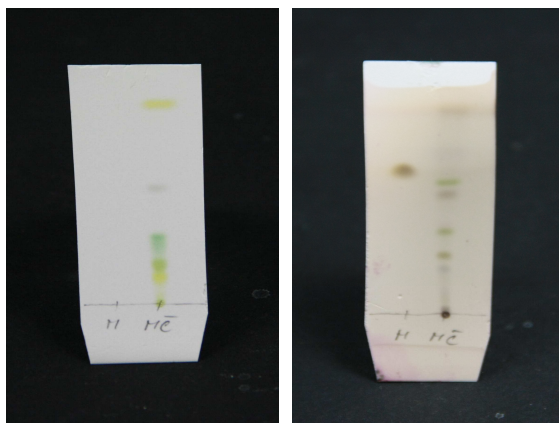
**Chemikálie:** uhličitán vápenatý, chloroform, standard mentholu, hexan : ethylacetát 2:1, 10% roztok kyseliny sírové

**Postup:** 10 listů máty peprné bylo rozetřeno v třecí misce s 0,5 g uhličitanu vápenatého a 5 ml chloroformu. Po extrakci byl roztok nanesen skleněnou kapilárou na TLC destičku a vedle něj nanesen standard mentholu. Vyvinutí chromatografie probíhalo v mobilní fázi hexan: ethylacetát 2:1 (10 ml hexan/ 5 ml ethylacetát). Následně byly látky detekovány pomocí 10% kyseliny sírové a zahřátím horkovzdušnou pistolí.

**Pozorování:** Extrakcí čerstvých listů máty peprné byl získán zelený extrakt. Po vyvinutí chromatografie bez další detekce bylo vidět rozdělení barevných složek směsi. Po detekci TLC destičky 10% kyselinou sírovou bylo velmi málo patrné, že jedna látka ve směsi z máty peprné má stejné  $R_f$  jako  $R_f$  standardu mentholu



(skvrna s  $R_f$  odpovídajícímu mentholu v porovnání s ostatními složkami směsi byla velmi nevýrazná) (obrázek 37).



OBRÁZEK 37: TLC MENTHOLU A EXTRAKTU Z MÁTY PŘED A PO DETEKCI

**Poznatky:** Na TLC destičce bylo pozorovatelných více skvrn, značících přítomnost dalších látek v extraktu z čerstvé máty vedle mentholu.

#### 5.5.2.2 IZOLACE MENTHOLU Z MÁTY PEPRNÉ

##### Návod na experiment

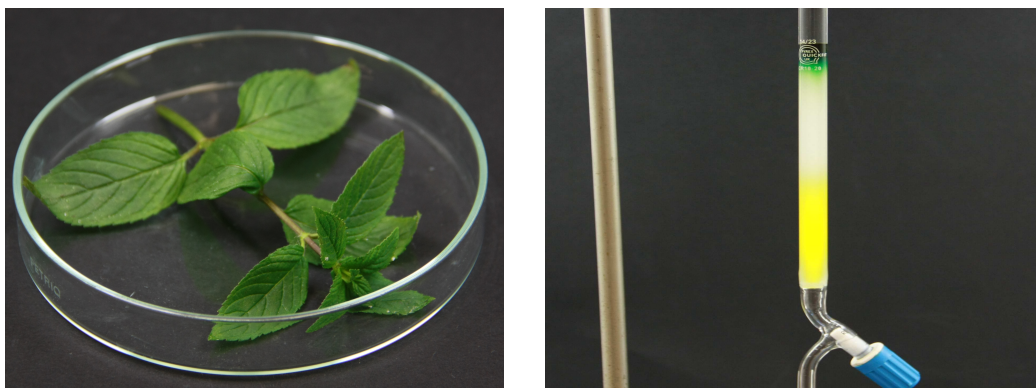
**Pomůcky:** máta peprná (čerstvá), topné hnízdo, varná baňka se zpětným chladičem, filtrační papír, nálevka, vakuová odparka, váhy, pomůcky pro CC a TLC, horkovzdušná pistole

**Chemikálie:** chloroform, standard mentholu, hexan : ethylacetát 5:1 a 3:1, 10% roztok kyseliny sírové

**Postup:** 13 g nadrobno nastříhaných listů máty peprné bylo extrahováno v 50 ml chloroformu za pokojové teploty 4 dny a poté byla směs zahřáta na 40°C po dobu 20 minut. Po filtraci bylo rozpouštědlo z filtrátu odpařeno na vakuové odparce a byl získán odparek, který byl rozpuštěn v malém množství chloroformu. Poté byla směs nanášena na sloupec silikagelu o hmotnosti 6 g a zahájena sloupcová chromatografie. Nejprve byla použita mobilní fáze hexan : ethylacetát 5:1 (50 ml hexan/ 10 ml ethylacetát) a následně se zvýšila polarita mobilní fáze na hexan : ethylacetát 3:1 (30 ml hexan/ 10 ml ethylacetát). Bylo získáno celkem 21 frakcí o

objemu 15 ml, ve kterých byla pomocí TLC zjišťována přítomnost mentholu pomocí porovnání se standardem.

**Pozorování:** Extrakcí chloroformem byl získán zelený extrakt. Odparek vážil 69 mg. Při sloupcové chromatografii byla vidět široká škála barevných složek ve směsi, které jsou obsaženy v mátě (obrázek 38). Frakce č. 16, 17 a 18 obsahovala dle TLC menthol. Tyto frakce byly smíchány a rozpouštědlo bylo odpařeno. Bylo získáno 6 mg odparku, který byl použit k NMR měření.



OBRÁZEK 38: MÁTA A CC Z EXTRAKTU MÁTY

**Poznatky:** Extrakt z máty peprné je směs obsahující látky, jako jsou barviva, terpeny, flavonoidy, třísloviny a další látky. Sloupcovou chromatografií lze získat chtěnou látku, menthol, bez ostatních složek směsi.

#### 5.5.2.3 ESTER S MENTHOLOVOU VŮNÍ

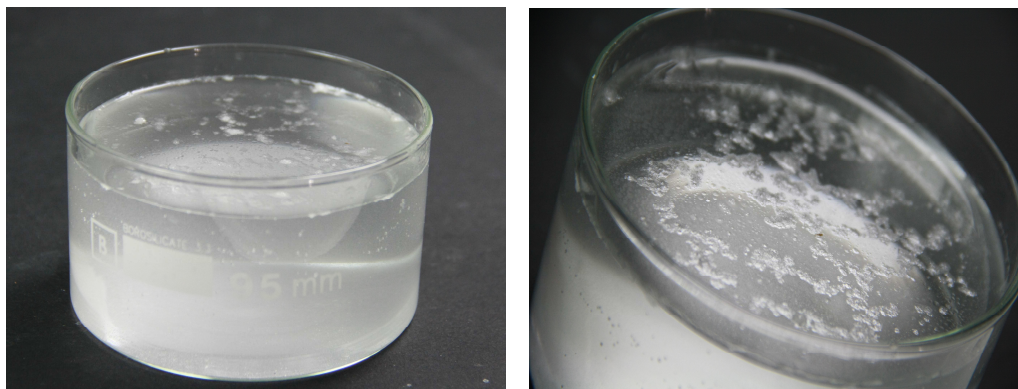
##### Návod na experiment

**Pomůcky:** zkumavka, kahan, kapátko, držák na zkumavku, led, kádinka

**Chemikálie:** benzoová kyselina, koncentrovaná kyselina sírová, ethanol

**Postup:** 3 ml ethanolu byly smíchány s 1 g benzoové kyseliny, k reakční směsi bylo přikápnuto 10 kapek koncentrované kyseliny sírové a vše bylo zahříváno ve zkumavce nad kahanem. Až se pevná složka rozpustila, byla směs nalita do vlažné vody v kádince a pozorována vůně esteru.

**Pozorování:** Během zahřívání se směs rozpustila. Při nalití do vody byla cítit svěží vůně. Na vodní hladině vznikla „mastná oka“ (obrázek 39).



OBRÁZEK 39: ESTER S MENTHOLOVOU VŮNÍ A DETAIL NA HLADINU

**Poznatky:** Ethylester benzoové kyseliny má svěží vůni podobnou mátové (zubní pasty s mentholem).

#### 5.5.2.4 DŮKAZ MENTHOLU V BONBONECH POMOCÍ TLC

##### Návod na experiment

**Pomůcky:** mentholové bonbony (TIC TAC mint), dělicí nálevka, kádinky, pomůcky pro TLC, horkovzdušná pistole

**Chemikálie:** 1,2-dichlorethan, standard mentholu, hexan : ethylacetát 2:1, 10% kyselina sírová

**Postup:** 4 mentholové bonbony (TIC TAC mint) byly extrahovány v 50 ml horké vody a po vychladnutí byla směs přelita do dělicí nálevky. K vodné fázi bylo přidáno 50 ml 1,2-dichlorethanu, protřepáno a poté se oddělily za laboratorní teploty dvě vrstvy. Spodní organická vrstva byla odlita do kádinky a rozpouštědlo se nechalo téměř odpařit. Směs byla nanесena skleněnou kapilárou na TLC destičku a vedle ní nanесen standard mentholu. Chromatografie byla vyvinuta v mobilní fázi hexan : ethylacetát 2 : 1 (10 ml hexan/ 5 ml ethylacetát) a k detekci bylo zvolena AMC s následným zahřátím (obrázek 40). Pozn. lze použít i 10% kyselinu sírovou.

**Pozorování:** Extrakt z bonbonů byl bezbarvý, ale zakalený. Po úplném odpaření rozpouštědla je možné čichem pozorovat jemnou vůni mentholu. Na TLC byl v extraktu z bonbonů TIC TAC prokázán menthol, který měl stejné  $R_f$  jako standard.



OBRÁZEK 40: TLC MENTHOLU Z BONBONŮ TIC TAC MINT

**Poznátky:** Vybrané bonbony obsahovaly menthol.

#### 5.5.2.5 IZOLACE MENTHOLU Z BONBONŮ

---

##### Návod na experiment

**Pomůcky:** mentholové bonbony (Fisherman's friends), dělicí nálevka, 2 x kádinka, skleněná tyčinka

**Chemikálie:** 1,2-dichlorethan, destilovaná voda

**Postup:** 4 mentholové bonbony (značka Fisherman's friends) byly krátce extrahovány v 50 ml horké vody a po vychladnutí byla směs přelita do dělicí nálevky. K vodné fázi bylo přidáno 50 ml 1,2-dichlorethanu, protřepáno a poté se oddělily dvě vrstvy. Spodní organická vrstva byla odlita do kádinky a nechalo se volně odpařit rozpouštědlo. Pozn. lze použít i jiné bonbony s mentholem (Halls, Anticol apod – viz obrázek 41).

**Pozorování:** Vodný extrakt z bonbonů byl bezbarvý, ale zakalený. Chloroformová fáze byla čirá a bezbarvá. Při volné krystalizaci byly vidět vznikající krystaly mentholu, které byly číré a jehličkovité. Byla cítit jemná vůně mentholu.



OBRÁZEK 41: VZORKY BONBONŮ S MENTHOLEM A KRYSTALY MENTHOLU

**Poznatky:** Menthol je přidáván do bonbonů kvůli chuti a vůni. Izolovaný menthol má charakteristickou vůni a tvoří bezbarvé krystaly.

---

### 5.5.3 PIPERIN

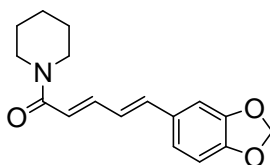
---

#### Představení experimentu

V tomto experimentu je ukázána izolace piperinu z černého pepře a jeho důkaz v přírodním materiálu. Struktura byla potvrzena pomocí NMR (příloha 7).

#### Představení přírodní látky

PIPERIN



Piperin, 1-[5-(1,3-benzodioxol-5-yl)-1-oxopenta-2,4-dienyl]piperidin, je alkaloid, který je obsažen v pepři pocházejícího z rostliny pepřovník. Je zodpovědný za štiplavou vůni a chuť. Prodává se mletý či celý pepř a to jednodruhový černý, bílý a zelený nebo jako čtyřbarevná směs, kde ovšem růžové plody nepocházejí z pepřovníku, ale z rostliny *Schinus molle*. Je známo, že piperin má antipyretické, protizánětlivé, antioxidační a protiprůjmové účinky. Je publikováno, že čínské lidové léčitelství využívá bílý pepř k léčbě malárie, žaludečních potíží a cholery. Obsah piperinu v pepři je v rozmezí 3-8 % (v bílém,



zeleném a černém) v závislosti na druhu. A např. v druhu *piper longum* je obsah piperinu 1-2 %<sup>87, 88, 89</sup>.

Piperin reaguje s činidly, kde je převažující Lugolův roztok, za vzniku perjodidu  $B_2.HI.I_2$  ( $B$  = piperin)<sup>90</sup>.

#### 5.5.3.1 DŮKAZ PIPERINU VE ČTYŘBAREVNÉM PEPŘI

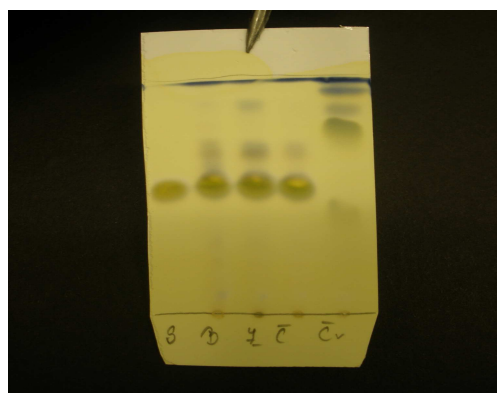
##### Návod na experiment

**Pomůcky:** 1 balení čtyřbarevného pepře (20 g), třecí misky, pomůcky pro TLC, horkovzdušná pistole

**Chemikálie:** ethylacetát, standard piperinu, 1,2- dichlorethan : ethylacetát 3:1, AMC

**Postup:** Nejprve byly rozděleny druhy pepře do misek na bílý, zelený, černý a růžový pepř. Poté byly rozetřeny v třecí misce, každý druh zvlášť, a extrahovány ethylacetátem. Na TLC destičku byl nanesen standard piperinu a pak extrakty jednotlivých druhů pepře. Následovalo vyvinutí TLC destičky v mobilní fázi 1,2- dichlorethan : ethylacetát v poměru 3:1. Na závěr byla provedena detekce pomocí AMC za tepla a pozorováno  $R_f$ .

**Pozorování:** Skvrna piperinu se objevila na TLC s  $R_f$  0,6. Na obrázku 43 je vidět TLC destička se standardem a s extrakty z bílého, zeleného, černého a růžového pepře.



OBRÁZEK 43: DRUHY PEPŘE A TLC PIPERINU S EXTRAKTY Z PEPŘŮ

**Poznatky:** Piperin byl prokázán v černém, bílém a zeleném pepři, v růžovém nikoli.

#### 5.5.3.2 IZOLACE PIPERINU

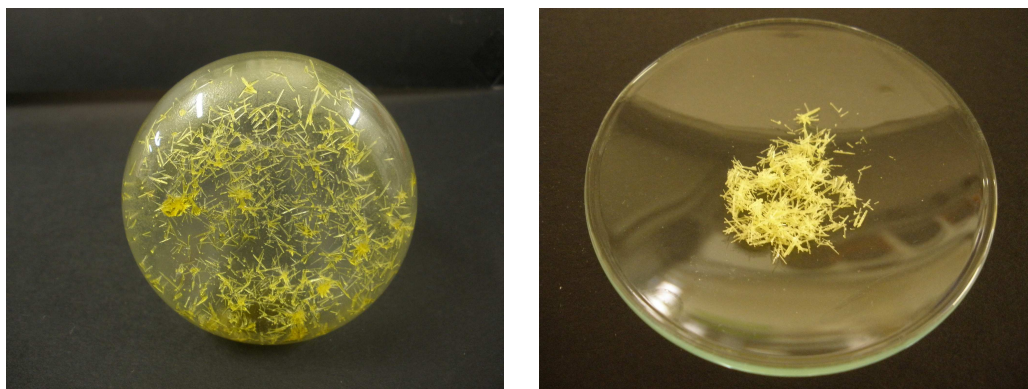
##### Návod na experiment

**Pomůcky:** černý pepř, varná baňka, zpětný chladič, topné hnízdo, nálevka s filtračním papírem, vakuová rotační odparka, míchátko, lednička

**Chemikálie:** ethylacetát, 10% roztok hydroxidu draselného v ethanolu a vodě v poměru 1:1

**Postup:** K 10 g drceného černého pepře ve varné baňce bylo přilito 100 ml ethylacetátu a následně zahříváno pod zpětným chladičem k varu. Směs byla vařena po dobu 5 hodin (mezitím byla směs promíchávána). Poté byla směs přefiltrována a filtrát byl odpařen do sucha na vakuové rotační odparce. Na dně baňky vznikl pevný odparek, který byl rozpuštěn ve 20 ml 10% roztoku hydroxidu draselného v ethanolu a vodě v poměru 1:1. Směs byla přefiltrována a filtrát byl umístěn přes noc v ledniče.

**Pozorování:** Extrakt měl po 5 hodinách zelenou čirou barvu. Po reakci s roztokem hydroxidu a filtraci se krystaly objevily jako žluté jehličky (obrázek 44). Byly odsáty na fritě a promyty malým množstvím (2 ml) vody - vznikl žlutě mléčný zákal. Znovu byla provedena filtrace a krystaly byly vysušeny při laboratorní teplotě do příštího dne. Získaly se žluté jehlicovité krystaly piperinu (142 mg). Čistota a struktura byla ověřena pomocí NMR.



OBRÁZEK 44: ŽLUTÉ KRYSTALY PIPERINU A NÁSLEDNĚ PO PŘEČIŠTĚNÍ

**Poznátky:** Piperin je izolovatelný z černého pepře. Tvoří žluté jehlicovité krystaly.

### 5.5.3.3 REAKCE PIPERINU

---

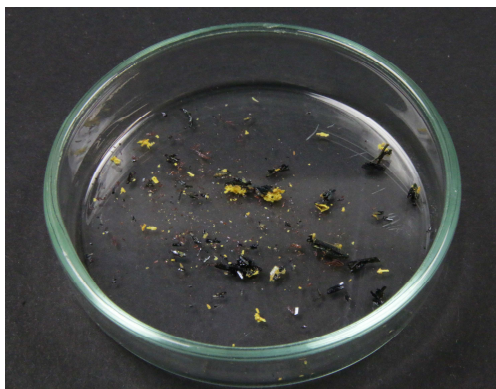
#### Návod na experiment

**Pomůcky:** kuželová baňka

**Chemikálie:** krystaly piperinu, Lugolův roztok, ethylacetát, ethanol, hydroxid draselný, koncentrovaná kyselina chlorovodíková

**Postup:** Získané krystaly piperinu byly vloženy do kuželové baňky a zality 10 ml Lugolova roztoku a malým množstvím ethylacetátu kvůli rozpuštění. Následně bylo přidáno 5 ml ethanolu s hydroxidem draselným (4 pecičky). Na závěr byly přikápnuty 2 kapky koncentrované kyseliny chlorovodíkové a směs ponechána krystalovat (3 dny).

**Pozorování:** Vyloučily se modré jehlicovité krystalky (obrázek 45).



OBRÁZEK 45: MODRÉ KRYSTALY PERJODIDU  $B_2.HI.I_2$  (B = PIPERIN)

**Poznátky:** Piperin reagoval s činidly za vzniku perjodidu  $B_2.HI.I_2$  (B = piperin)

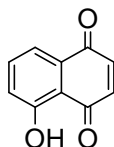


### Představení experimentu

V tomto experimentu je ukázána extrakce juglonu z ořechových slupek. Struktura juglonu byla potvrzena pomocí NMR (příloha 7).

### Představení přírodní látky

JUGLON



Juglon, 5-hydroxy-1,4-naftochinon, patří mezi naftochinony a vytváří žluté jehlicovité krystaly. Je rozpustný v dioxanu a etheru. Vyskytuje se v zelených slupkách ořechu královského a působí zbarvení na pokožce při loupání. Má alelopatické účinky, nedovolí růst jinému ořešáku kolem sebe a pod svou korunou. Používá se jako insekticid, herbicid, barvivo oblečení a inkoustů, také barvivo potravin a kosmetiky, např. barvy na vlasy. Jsou popsány různé farmakologické účinky juglonu jako antivirové, antibakteriální a antikarcinogenní účinky<sup>91,92</sup>.

---

#### 5.5.4.1 IZOLACE JUGLONU

---

##### Návod na experiment

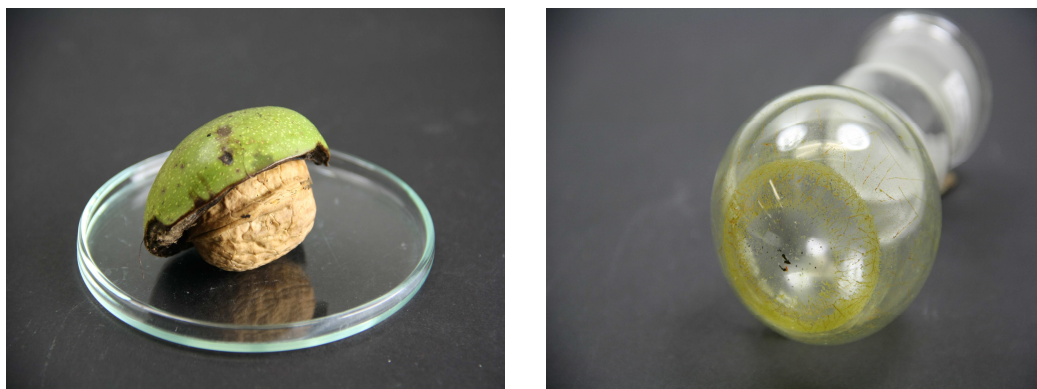
**Pomůcky:** celé vlašské ořechy se slupkou, nůž, kuželová baňka s vatou v ústí, baňka

**Chemikálie:** chloroform

**Postup:** 3 celé ořechy byly zbaveny zelené slupky, která byla nakrájena na drobné kousky. Směs byla ponechána k extrakci v chloroformu po dobu 3 dní (v kuželové baňce uzavřené smotkem vaty). Poté byl odlit barevný roztok a nechán volně krystalizovat.

**Pozorování:** Směs s nakrájenými kousky slupek v chloroformu začala postupem času tmavnout (žlutozelená barva). Po odlití roztoku pomalu začaly ve filtrátu

vznikat žluté krystalky na stěnách baňky, které zde zůstaly i po odpaření rozpouštědla. Podle NMR obsahovala směs (8 mg) převážující juglon.



OBRÁZEK 46: VLAŠSKÝ OŘECH A SMĚS S KRYSTALY JUGLONU

**Poznatky:** Juglon lze získat extrakcí ze slupek ořešáku. Juglon ovšem není stálý a na vzduchu se snadno oxiduje.

---

### 5.5.5 BETULIN

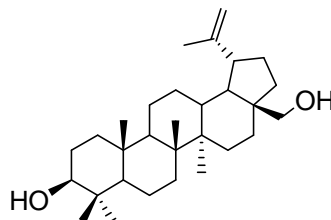
---

#### Představení experimentu

V následujícím experimentu je ukázána izolace a důkaz betulinu v březové kůře. Struktura betulinu byla potvrzena pomocí NMR (příloha 7).

#### Představení přírodní látky

##### BETULIN



Betulin, lup-20(29)-en-3 $\beta$ ,28-diol, je pentacyklický isoprenoid, triterpenoid, vyskytující se v bílé kůře břízy bělokoré *Betula pendula*. Obsah betulinu se pohybuje v rozmezí 10 – 35 % v závislosti na druhu břízy, místě výskytu, kondici a stáří stromu. Betulin lze z vrchní části březové kůry získat sublimací či extrakcí<sup>86</sup>. Je to bílá krystalická látka, která je zkoumána pro svou antikarcinogenní, anti-HIV a

protizánětlivou aktivitu. Používá se např. v kosmetice k ošetření kůže a k hojení ran<sup>93</sup>.

#### 5.5.5.1 IZOLACE A DŮKAZ BETULINU

---

##### Návod na experiment

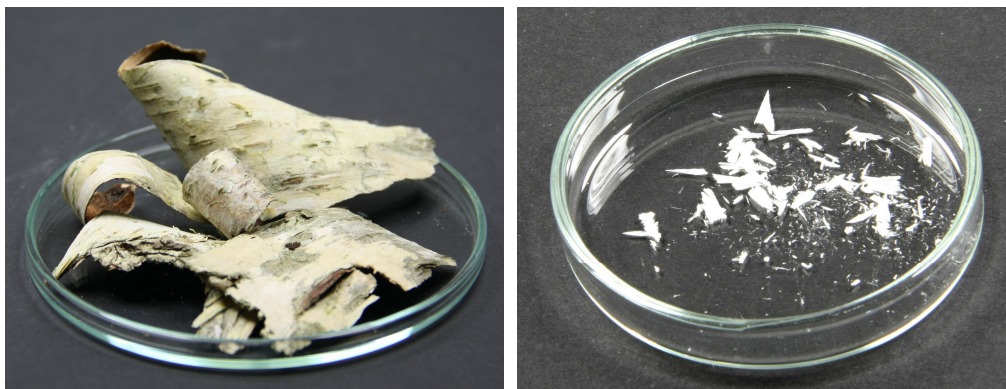
**Pomůcky:** březová kůra, varná baňka, zpětný chladič, varné hnízdo, nálevka, filtrační papír, vakuová rotační odparka, pomůcky pro CC, pomůcky pro TLC, horkovzdušná pistole

**Chemikálie:** ethanol, hexan : ethylacetát 3:1, standard betulinu, 10% roztok kyseliny sírové

**Postup:** 4,84 g březové kůry (obrázek 47) bylo natrháno na drobné kousky a extrahováno 150 ml ethanolu za horka pod zpětným chladičem (lze použít Soxhletův extraktor). Směs byla druhý den přefiltrována a filtrát odpařen (obrázek 48). Odparek byl rozpuštěn v malém množství rozpouštědla a nanesen na sloupec 22 g silikagelu. Mobilní fáze hexan : ethylacetát 3:1 byla dolévána (celkem bylo použito 400 ml) a postupně se odchyťovaly jednotlivé frakce o objemu 15 ml.

Pomocí TLC byla dokazována přítomnosti betulinu v jednotlivých frakcích v porovnání se standardem (obrázek 49). Byla použita stejná mobilní fáze jako při CC a pro detekci byla zvolena 10% kyselina sírová s následným zahřátím horkovzdušnou pistolí.

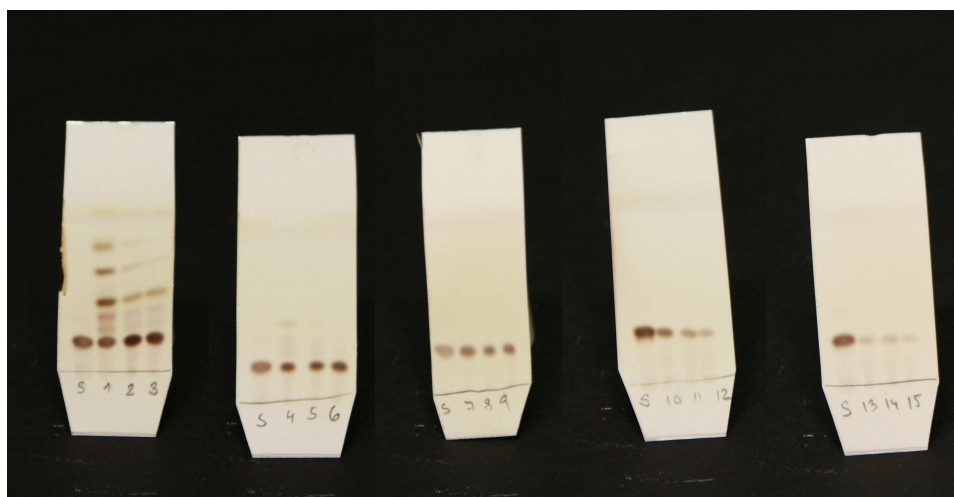
**Pozorování:** Při extrakci březové kůry se již na okraji baňky tvořil světlý povlak pevné látky. Po odebrání vzorku a následné TLC byl zjištěn přítomný betulin ve směsi. Po provedení sloupcové chromatografie byly frakce 5-12 spojeny a odpařeny. Vznikala bílá šupinkovitá látka - betulin (obrázek 47), který byl prokázán pomocí NMR.



OBRÁZEK 47: BŘEZOVÁ KŮRA A KRYSTALY BETULINU



OBRÁZEK 48: EXTRAKCE BŘEZOVÉ KŮRY, NÁSLEDNÝ ODPAREK, BETULIN PO CC



OBRÁZEK 49: TLC Z FRAKČÍ CC PŘI IZOLACI BETULINU

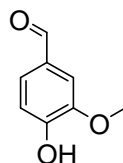
**Poznatky:** Betulin je obsažen v březové kůře. Lze ho získat extrakcí a následnou izolací pomocí sloupcové chromatografie. Tvoří bílé šupinkovité krystaly.

### Představení experimentu

V tomto experimentu je porovnávána přítomnost vanilinu a ethylvanilinu ve vanilkových/ vanilinových cukrech. Struktury vanilinu a ethylvanilinu byly potvrzeny pomocí NMR (příloha 7).

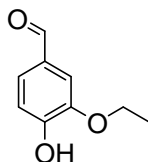
### Představení Vanilinu a Ethylvanilinu

#### VANILIN



Vanilin, 4-hydroxy-3-methoxybenzaldehyd, je bílá krystalická látka charakteristické vůně, kterou můžeme zařadit mezi aldehydy, fenoly a ethery. Je hlavní vonnou složkou tobolek různých druhů orchidejí rodu vanilovník, kde jeho váhový podíl v sušeném materiálu činí 2 %. Má sladkou chuť. Kvůli ceně se dnes vyrábí především synteticky z guajakolu či ligninu. Vanilin je jednou z hlavních fenolických sloučenin produkovaných při degradaci polymerního ligninu, který vzniká při výrobě celulózy ze dřeva v papírenském průmyslu. Nebo se vyrábí z guajakolu obsaženého v dřevném dehtu. Z celkové spotřeby je pouze 0,2 % přírodního původu. Používá se jako ochucovadlo v potravinářském průmyslu, je přidáván do cukrovinek a nápojů (cca 60 %), jako vonná složka je přidáván do parfémů a kosmetických produktů (cca 33 %) a také je používán ve farmaceutickém průmyslu (cca 7 %)<sup>94, 95</sup>.

#### ETHYLVANILIN



Ethylvanilin, 3-ethoxy-4-hydroxybenzaldehyd, je někdy též nazýván syntetický vanilin. Je to bezbarvá pevná látka. Ethylvanilin je nejbližší analog vanilinu. V přírodě se nevyskytuje. Často se používá jako náhražka vanilinu. Je třikrát voňavější než vanilin<sup>96</sup>.

### 5.5.6.1 POROVNÁNÍ VANILINOVÝCH/ VANILKOVÝCH CUKRŮ – DŮKAZ FENOLICKÉ SKUPINY

---

#### Návod na experiment

**Pomůcky:** Vanilinové/ vanilkové cukry: výrobce Stilla dolce (vzorek č. 1), RUF Lebensmittelwerk KG (vzorek č. 2), LN group s.r.o. (vzorek č. 3), Dr. Oetker (vzorek č. 4), vanilkový cukr: Dr. Oetker (vzorek č. 5), kádinky, kapátko, odměrný válec, zkumavky

**Chemikálie:** 5% roztok chloridu železitého

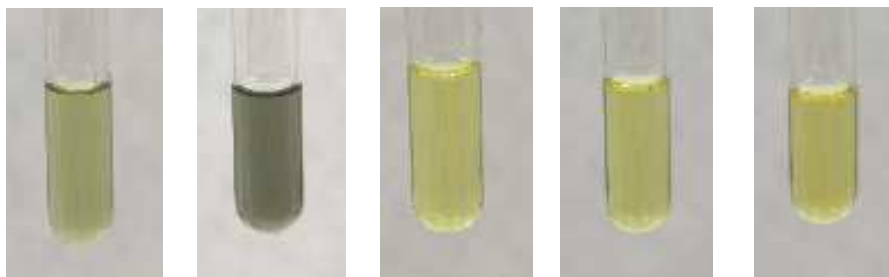
**Postup:** Od každého vzorku bylo připraveno 10 ml 10% vodného roztoku. Do jednotlivých zkumavek bylo přidáno 20 kapek 5% roztoku chloridu železitého.

**Pozorování:** Z obalů zkoumaných cukrů bylo zjištěno složení - Stilla dolce (vzorek č. 1; složení: cukr, aromatické látky, rostlinná vláknina), RUF Lebensmittelwerk KG (vzorek č. 2; složení: cukr, aroma), LN group s.r.o. (vzorek č. 3; složení: cukr, ethylvanilin), Dr. Oetker (vzorek č. 4; složení: cukr, aroma) a Dr. Oetker vanilkový cukr (vzorek č. 5; složení: cukr, přírodní vanilkové aroma s extraktem vanilky).

Po přidání roztoku  $\text{FeCl}_3$  bylo u vzorku č. 1 a 2 pozorované zelené zbarvení, které bylo intenzivnější v případě vzorku č. 2. Ostatní vzorky nevykazovaly barevnou reakci po přidání roztoku chloridu železitého (obrázek 50).

**Poznátky:** Z obalů výrobků lze vyčíst složení cukrů. Výrobci ve většině případů uvádí pouze aroma s výjimkou společnosti LN group s.r.o. Roztoky cukrů jsou čiré a bezbarvé. Přítomnost fenolické skupiny dokazuje fialové zbarvení s roztokem chloridu železitého. Vzniklé zelené zbarvení ukazuje na nízkou koncentraci dokazované látky - vanilinu či ethylvanilinu. Pro lepší viditelnost výsledků je vhodné provést experiment se suchými chloroformovými extrakty jednotlivých vzorků (viz následující experiment 5.5.6.2).





OBRÁZEK 50: ROZTOKY CUKRŮ PO PŘIDÁNÍ ROZTOKU CHLORIDU ŽELEZITÉHO

#### 5.5.6.2 POROVNÁNÍ VANILINOVÝCH/ VANILKOVÝCH CUKRŮ – V KONCENTROVANÝCH VZORCÍCH

##### Návod na experiment

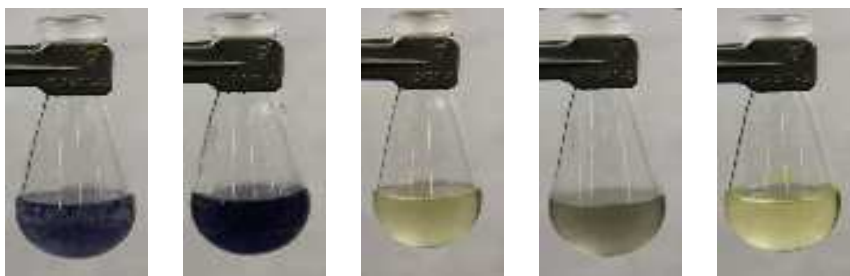
**Pomůcky:** Vanilinové/ vanilkové cukry: výrobce Stilla dolce (vzorek č. 1), RUF Lebensmittelwerk KG (vzorek č. 2), LN group s.r.o. (vzorek č. 3), Dr. Oetker (vzorek č. 4), vanilkový cukr: Dr. Oetker (vzorek č. 5), baňky, odměrné válce, kapátko

**Chemikálie:** chloroform, 5% roztok chloridu železitého

**Postup:** K 10 g vanilinových resp. vanilkových cukrů bylo přidáno 30 ml chloroformu, promícháno, a extrakty byly přefiltrovány. Jednotlivé extrakty byly následně odpařeny do sucha. K získaným vzorkům bylo přidáno 10 ml vody, intenzivně promícháno a přidáno 10 kapek 5% chloridu železitého.

**Pozorování:** Zabarvení jednotlivých roztoků bylo: č. 1 intenzivně fialový, č. 2 fialový, č. 4 malá změna barvy, č. 3 a č. 5 beze změny zabarvení (obrázek 51).

**Poznatky:** Fialové zbarvení roztoků značí důkaz fenolické skupiny, což se objevilo u 2 vzorků – Stilla Dolce a RUF (a u jednoho velmi slabě – Dr.Oetker). Vanilin je ve vodě rozpustnější při vyšší teplotě ( $m^{14}_{\text{vaq}} = 1$ ,  $m^{80}_{\text{vaq}} = 5$ )<sup>108, 109</sup>.



OBRÁZEK 51: CHLOROFORMOVÉ EXTRAKTY CUKRŮ PO REAKCI S ROZTOKEM CHLORIDU ŽELEZITÉHO

### 5.5.6.3 POROVNÁNÍ VANILINOVÝCH/ VANILKOVÝCH CUKRŮ – ZKOUŠKA S BRADYHO ČINIDLEM

---

#### Návod na experiment

**Pomůcky:** Vanilinové/ vanilkové cukry: výrobce Stilla dolce (vzorek č. 1), RUF Lebensmittelwerk KG (vzorek č. 2), LN group s.r.o. (vzorek č. 3), Dr. Oetker (vzorek č. 4), vanilkový cukr: Dr. Oetker (vzorek č. 5), zkumavky, odměrné válce, kapátko

**Chemikálie:** Bradyho činidlo

**Postup:** Do série zkumavek bylo připraveno po 10 ml 10% vodných roztoků cukrů a ke každému vzorku bylo přidáno 10 kapek Bradyho činidla.

**Pozorování:** Roztoky cukrů byly původně čiré a bezbarvé. Pozitivní reakce, tvorba tmavší oranžové sraženiny, byla viděna u vzorků č. 1, 2 a 4, u vzorku č. 5 slabší pozitivní reakce a u vzorku č. 3 velmi nepatrné množství oranžové sraženiny.

**Poznátky:** Pozitivní reakcí je tvorba oranžové sraženiny prokazující přítomnost aldehydů a ketonů. Z obrázků č. 52 je patrné, že lze rozlišit 2 barvy vzniklých sraženin. Díky informaci o složení výrobce LN group s.r.o. byla dokázána přítomnost ethylvanilinu ve vzorku č. 1, 3 a 4, vanilinu ve vzorku č. 2 a 5.



OBRÁZEK 52: ROZTOKY CUKRŮ PO REAKCI S BRADYHO ČINIDLEM



#### 5.5.6.4 POROVNÁNÍ VANILINOVÝCH/ VANILKOVÝCH CUKRŮ – PŘÍTOMNOST VANILINU NEBO ETHYLVANILINU

##### Návod na experiment

**Pomůcky:** Vanilinové/ vanilkové cukry: výrobce Stilla dolce (vzorek č. 1), RUF Lebensmittelwerk KG (vzorek č. 2), LN group s.r.o. (vzorek č. 3), Dr. Oetker (vzorek č. 4), vanilkový cukr: Dr. Oetker (vzorek č. 5), kádinky, nálevky s filtračními papíry, pomůcky pro TLC, horkovzdušná pistole, vakuová rotační odparka, váhy

**Chemikálie:** chloroform, standard vanilinu, hexan : ethylacetát 1:1, 10% roztok kyseliny sírové

**Postup:** K 10 g vanilinových resp. vanilkových cukrů bylo přidáno 30 ml chloroformu, promícháno, a extrakty byly přefiltrovány. Byl připraven také chloroformový roztok standardu vanilinu. Všechny vzorky včetně standardu vanilinu byly nanесeny na jednu TLC destičku, která byla vyvinuta ve směsi hexan : ethylacetát v poměru 1:1. TLC destička byla vyvolána 10% roztokem kyseliny sírové s následným zahřátím. Jednotlivé extrakty byly následně odpařeny do sucha a zváženy.

**Pozorování:** Chloroformové extrakty byly čiré a bezbarvé roztoky. Z TLC bylo patrné, že vzorek č. 2 obsahoval vanilin, vzorky č. 1, 3 a 4 obsahovaly látku méně polární než vanilin, a dle údajů výrobce vzorku č. 3 se jednalo o ethylvanilin,  $R_f$  (vanilin)=0,48,  $R_f$  (ethylvanilin)=0,59 (obrázek 54). Jednotlivé chloroformové roztoky byly odpařeny a odparky zváženy (m č. 1=0,0413 g, m č. 2=0,1106 g, m č. 3=0,0036 g, m č. 4=0,0072 g, m č. 5=0,0013 g) (obrázek 53).



OBRÁZEK 53: ODPARKY Z ROZTOKŮ CUKRŮ



OBRÁZEK 54: TLC STANDARDU VANILINU A VANILINOVÝCH/ VANILKOVÝCH CUKRŮ

**Poznátky:** Vanilin resp. ethylvanilin je dobře rozpustný v chloroformu, ve kterém není rozpustná sacharosa. Vanilin byl dle TLC obsažen pouze v jednom vzorku (č. 2). Je to bílá pevná látka příjemné sladké vůně. Ethylvanilin je také bílá pevná látka podobné, ale intenzivnější vůně.

---

### 5.5.7 EUGENOL

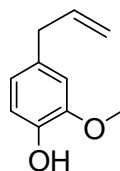
---

#### Představení experimentu

V experimentu je izolován eugenol z koření hřebíček a je proveden důkaz pomocí TLC. Struktura byla potvrzena pomocí NMR (příloha 7).

#### Představení přírodní látky

EUGENOL



Eugenol, 2-methoxy-4-(prop-2-en-1-yl)fenol, patří mezi fenolické látky. Je to bezbarvá až světle žlutá olejovitá látka, která je hlavní složkou esenciálního oleje hřebíčkovce vonného, ve kterém je obsažena z 85 - 90 %. Vyskytuje se také v muškátovém oříšku, skořici a bobkovém listu. Má příjemnou hřebíčkovou vůni. Eugenol je částečně rozpustný ve vodě a dobře rozpustný v organických rozpouštědlech. Vykazuje analgetické, protizánětlivé, anestetické a protinádorové

účinky. Eugenol má široké použití v lékařství a zubním lékařství, přidává se také do parfémů, esenciálních olejů a jako ochucovadlo<sup>97, 98</sup>.

#### 5.5.7.1 IZOLACE EUGENOLU

---

##### Návod na experiment

**Pomůcky:** sušený hřebíček, třecí miska, varná baňka, topné hnízdo, zpětný chladič, jemné sítko, nálevka s filtračním papírem, dělicí nálevka, kádinka, vakuová odparka

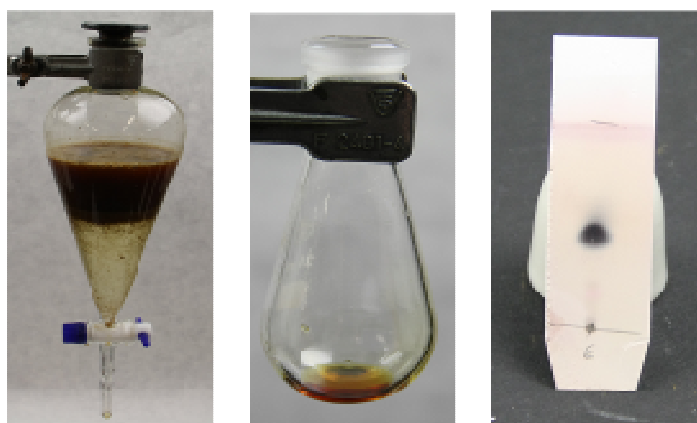
**Chemikálie:** 1M roztok hydroxidu sodného, 1M roztok kyseliny chlorovodíkové, chloroform, síran hořečnatý (bezvodý)

**Postup:** Sušený hřebíček byl v třecí misce rozmělněn najemno (obrázek 55) a 10 g takto získaného materiálu bylo extrahováno v 50 ml 1M roztoku hydroxidu sodného. Roztok byl za občasného míchání přiveden k varu a poté ponechán k vychladnutí. Extrakt byl nejprve zbaven pevných částí přecezením přes jemné sítko a poté přes filtrační papír. K bazickému extraktu bylo přidáno 50 ml 1M kyseliny chlorovodíkové a roztok byl promíchán. Roztok v dělicí nálevce byl vytřepán s 50 ml chloroformu (obrázek 56). Organická fáze byla odpuštěna do kádinky, vodná ještě jednou vytřepána s 20 ml chloroformu a spojené organické fáze byly vysušeny bezvodým síranem hořečnatým, přefiltrovány a odpařeny do sucha.

**Pozorování:** Extrakcí roztokem hydroxidu sodného byl získán hnědý roztok, který byl okyselen kyselinou chlorovodíkovou. Vytřepáním do chloroformu byla získána nažloutlá organická fáze, která obsahovala téměř čistý eugenol. Po odpaření rozpouštědla byl získán čistý eugenol, 0,44 g žlutého oleje (obrázek 56). Eugenol lze dokázat pomocí TLC vyvíjené v mobilní fázi hexan : ethylacetát v poměru 3:1,  $R_f(\text{eugenol})=0,47$  (obrázek 56).



OBRÁZEK 55: CELÝ A MLETÝ HŘEBÍČEK



OBRÁZEK 56: EXTRAKCE HŘEBÍČKU, EUGENOL, TLC EUGENOLU

**Poznatky:** Získal se čistý eugenol, olejovitá nažloutlá kapalina. Jeho přítomnost byla prokázána pomocí TLC.

---

#### 5.5.8

#### THYMOL

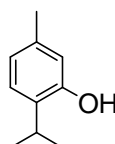
---

#### Představení experimentu

V tomto experimentu je ukázána izolace thymolu z tymiánu a následně provedena důkazová reakce. Struktura byla potvrzena pomocí NMR (příloha 7).

#### Představení přírodní látky

THYMOL



Silice tymiánu obsahuje derivát monoterpenu cymenu - thymol (2-isopropyl-5-methylfenol). Je to bílá krystalická látka, která je špatně rozpustná ve vodě a dobře rozpustná v alkoholech a jiných organických rozpouštědlech. Thymol vykazuje antibakteriální, antivirovou, fungicidní, protinádorovou a protizánětlivou aktivitu. Také je to silný antioxidant. Thymol je pro své dezinfekční účinky používán v medicíně, zemědělství, kosmetickém a potravinářském průmyslu. Pro své antimikrobiální vlastnosti a schopnosti redukovat odolnost bakterií vůči léčivům, jako např. penicilin, je přidáván do ústních vod (např. Listerine)<sup>99, 100</sup>.

#### 5.5.8.1 IZOLACE THYMOLU

---

##### Návod na experiment

**Pomůcky:** čerstvý tymián, varná baňka, topné hnízdo, zpětný chladič, jemné sítko, nálevka s filtračním papírem, dělicí nálevka, kádinka, vakuová odparka

**Chemikálie:** 1M roztok hydroxidu sodného, 1M roztok kyseliny chlorovodíkové, chloroform, síran hořečnatý (bezvodý), chlorid železitý

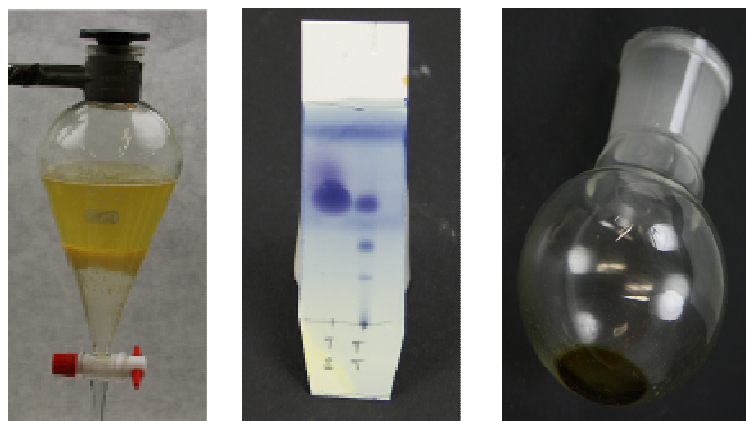
**Postup:** Čerstvý tymián byl nakrájen na malé kousky (obrázek 57) a 10 g bylo extrahováno v 50 ml 1M roztoku hydroxidu sodného. Roztok byl za občasného míchání přiveden k varu a poté ponechán k vychladnutí. Extrakt byl nejprve zbaven pevných částí přecezením přes jemné sítko a poté přes filtrační papír. K bazickému extraktu bylo přidáno 50 ml 1M kyseliny chlorovodíkové a promícháno. Roztok byl přelit do dělicí nálevky a vytřepán s 50 ml chloroformu (obrázek 58). Organická fáze byla odpuštěna do kádinky, vodná ještě jednou vytřepána s 20 ml chloroformu. Spojené organické fáze byly vysušeny bezvodým síranem hořečnatým, přefiltrovány a odpařeny do sucha.

**Pozorování:** Extrakcí roztokem hydroxidu sodného byl získán nažloutlý roztok, který byl okyselen kyselinou chlorovodíkovou. Vytřepáním do chloroformu byla získána téměř bezbarvá organická fáze. Po odpaření rozpouštědla byl získán odparek obsahující thymol ve směsi s dalšími látkami, 0,02 g nazelenalého pevného odparku (obrázek 58). Thymol byl prokázán porovnáním se standardem

pomocí TLC vyvíjeného v mobilní fázi hexan : ethylacetát v poměru 3:1,  $R_f$  (thymol)=0,56 (obrázek 58). Vzorky byly nanesené z chloroformových roztoků standardu a získaného odparku z tymiánu. K získanému eugenolu byl přidán krystalek chloridu železitého a bylo vidět zelenomodrého zbarvení - důkaz fenolické skupiny.



OBRÁZEK 57: CELÝ A NATRHANÝ TYMIÁN



OBRÁZEK 58: EXTRAKCE TYMIÁNU, TLC THYMOU A EXTRAKTU Z TYMIÁNU, EXTRAKT S THYMOLEM

**Poznátky:** Thymol lze získat extrakcí z tymiánu. Tvoří bílou krystalickou látku. V tomto experimentu byl získán zelený extrakt obsahující thymol. Zelená barva je způsobena barvivy z rostliny.

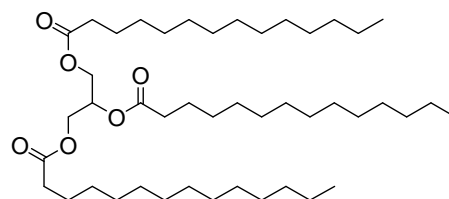
### Představení experimentu

V tomto experimentu je popsána izolace trimyristinu z muškátového oříšku. Struktura byla potvrzena pomocí NMR (příloha 7).

### Představení přírodní látky

#### TRIMYRISTIN

Trimyristin, glyceryl-trimyristát resp. glyceryl-tritetradekanoát, je triacyl ester glycerolu, který je obsažen v „másle“ muškátového oříšku v množství 75 %. Název myristové kyseliny pochází



z latinského názvu muškátovníku vonného *Myristica fragrans*. Myristová kyselina patří mezi nasycené mastné kyseliny vyskytující se vedle běžnějších mastných kyselin (olejové, linolové, palmitové a stearové kyseliny), také v dalších rostlinných tucích resp. olejích, např. kokosovém a olivovém, ale také v živočišných tucích, např. v másle, velrybím tuku, v lidském tuku a sádle<sup>101, 102</sup>.

---

5.5.9.1 IZOLACE TRIMYRISTINU

---

#### Návod na experiment

**Pomůcky:** muškátový oříšek, struhadlo, varná baňka, nálevka s filtračním papírem, vakuová rotační odparka, kahan, kádinka

**Chemikálie:** chloroform, ethanol

**Postup:** Muškátové oříšky byly nastrohány (10 g) (obrázek 59). Poté byla sypká směs extrahována v 50 ml chloroformu cca 15 minut za stálého míchání a následně přefiltrována přes filtrační papír a odpařena do sucha. Odparek se nechal rozpustit za horka ve 40 ml ethanolu a nechán volně krystalovat. Krystalizaci lze případně

urychlit ochlazením v ledové vodní lázni. Krystalky trimyristinu byly odděleny od matečného louhu filtrací a byly promyty cca 20 ml ethanolu a nechány vyschnout.

**Pozorování:** Extrakcí chloroformem z nastrohaných muškátových oříšků a následnou filtrací byl získán nažloutlý filtrát, který byl odpařen dosucha. Z horkého ethanolového roztoku byla vykrystalizována bílá látka, 2,14 g čistého trimyristinu (obrázek 60).



OBRÁZEK 59: CELÉ A STROUHANÉ MUŠKÁTOVÉ OŘÍŠKY



OBRÁZEK 60: KRYSTALKY TRIMYRISTINU

**Poznatky:** Trimyristin lze získat extrakcí z muškátového oříšku. Tvoří bílé krystalky.



## 6 VYUŽITÍ EXPERIMENTŮ NA VZDĚLÁVACÍCH A POPULARIZAČNÍCH AKCÍCH

---

Z dílčích cílů této disertační práce bylo navrhované experimenty představit SŠ učitelům chemie, žákům a dalším zájemcům. V průběhu doktorského studia se vyskytlo několik příležitostí, kde bylo umožněno ověřit pokusy mnou a kolegy z jiných kateder PřF UK v Praze. Jednalo se o tyto akce:

- 2 semináře v rámci Projektu 5P+
- Chemický víkend 2 - Dary přírody
- Letní tábor s přírodovědci
- Univerzita třetího věku PřF UK

### 6.1 SEMINÁŘE V RÁMCI PROJEKTU 5P+

---

Projekt 5P+ (Program pro pedagogy přírodovědných předmětů PLUS) spadá pod operační program vzdělávání pro konkurenceschopnost, jehož garantem je MŠMT ČR a vyhlašovatel je Středočeský kraj. Období realizace je od 1. 4. 2013 do 31. 12. 2014. Navázal na úspěšný projekt 5P, který byl realizován od 1. 2. 2010 do 30. 6. 2012. Projekt 5P+ navazuje ve stejné myšlence - dále vzdělávat učitele přírodovědných předmětů (s aprobační na ZŠ a SŠ) ve Středočeském kraji. Učitelé si mohou vybrat z přednášek, laboratorních cvičení, exkurzí a dalších zajímavých témat, která je zajímavá a hodí se jim do praxe.

Experimenty byly mnou ověřeny v rámci 2 seminářů – Pokusy na téma isoprenoidů a NMR v teorii a praxi. Oba tyto semináře byly realizovány ve dvou termínech 2. 12. 2013 a 13. 6. 2014.

---

#### 6.1.1 POKUSY NA TÉMA ISOPRENOIDŮ

---

Cílem semináře bylo představit učitelům experimenty na téma isoprenoidy (obrázek 61). Po krátké teoretické prezentaci se přistoupilo k vlastní laboratorní činnosti, během které si učitelé vyzkoušeli následující experimenty (obrázek 62):

- Izolaci a důkaz betulinu (kapitola 5.5.5.1)
- Izolaci a důkaz cholesterolu<sup>103</sup>
- Experimenty s  $\beta$ -karotenem - odbarvení extraktu z mrkve, UV-lampa -  $\beta$ -karoten x vitamin A, vliv mobilní fáze na retenční faktor<sup>103</sup>
- Menthol - příprava esteru a izolace z bonbonů (kapitola 5.5.2.3 a 5.5.2.5)

Učitelé obdrželi studijní podklady s teorií i návody na experimenty, doplněné obrázky. Vybraná fotodokumentace z průběhu semináře:



OBRÁZEK 61: ÚVODNÍ PREZENTACE A NÁSLEDNÉ EXPERIMENTOVÁNÍ



OBRÁZEK 62: CC CHOLESTEROLU A TLC BETULINU OD ÚČASTNÍKŮ SEMINÁŘE

Semináře se zúčastnilo 8 učitelů v 1. termínu a 5 učitelů v 2. termínu. Vyzkoušeli si celkem 9 experimentů zařazených do 4 podtémat isoprenoidů.

### 6.1.2 NMR V TEORII A PRAXI

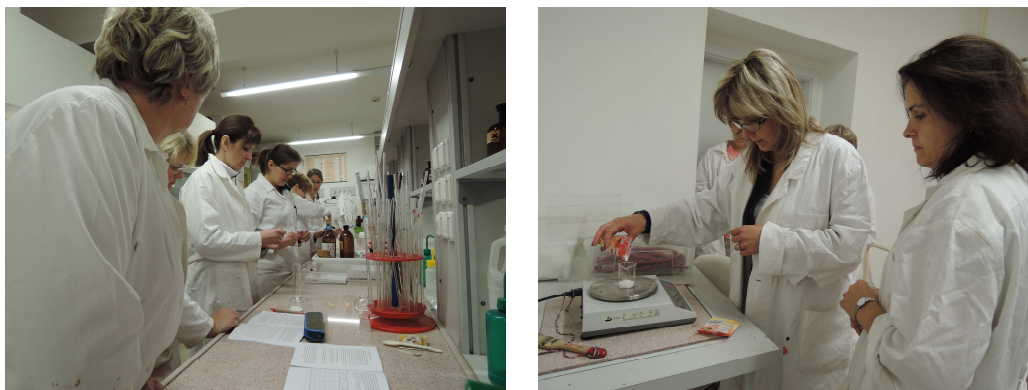
Cílem semináře bylo seznámit učitele s teorií NMR spektroskopie. Učitelé si v rámci semináře připravili vhodný vzorek pro praktickou ukázkou NMR měření (obrázek 63). Součástí semináře byla také exkurze ve dvou NMR laboratořích PŘF UK v Praze (obrázek 64).

Učitelé obdrželi studijní materiály s teorií NMR včetně návodů na experimenty. Experimenty zde použité byly:

- Důkaz vanilinu/ ethylvanilinu ve vanilinovém resp. vanilkovém cukru pomocí TLC (kapitola 5.5.6.4)
- Důkaz funkčních skupin u vanilinu/ ethylvanilinu (kapitola 5.5.6.2 a 5.5.6.3)

Navíc bylo ukázáno použití NMR k odpovědi na stále aktuální téma „methanолоvá kauza“, kdy bylo učitelům ukázáno rozlišení methanolu a ethanolu ve směsi.

Vybraná fotodokumentace z průběhu semináře:



OBRÁZEK 63: EXPERIMENTOVÁNÍ S CUKRY



OBRÁZEK 64: EXKURZE NA PRACOVÍŠTI NMR

Semináře se zúčastnilo 11 učitelů v 1. termínu a 7 učitelů v 2. termínu. Vyzkoušeli si celkem 2 experimenty, navštívili pracoviště NMR a dozvěděli se spoustu nových informací nejen o NMR (viz kapitola 4.2.2).

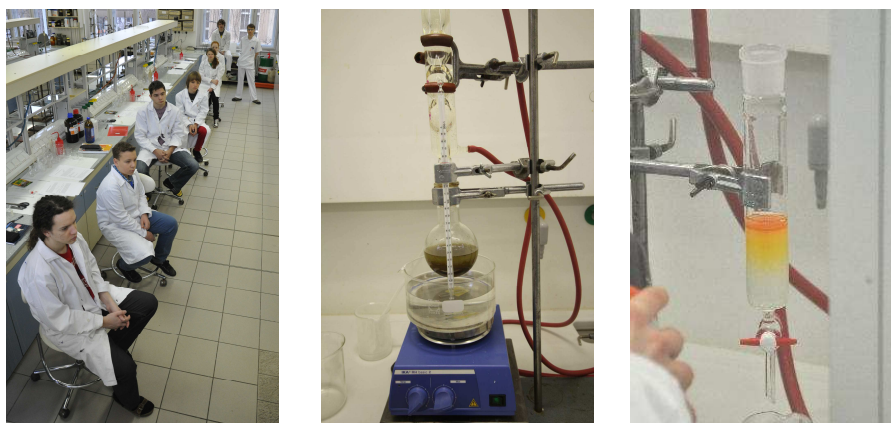
## 6.2 CHEMICKÝ VÍKEND 2 - DARY PŘÍRODY

Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze organizovala v roce 2013 Chemický víkend 2 - Dary přírody pro nadšené mladé přírodovědce ve věku 14 - 17 let. Akce se konala na různých chemických katedrách. Při návštěvě katedry organické chemie měli zájemci možnost si vyzkoušet tyto experimenty:

- izolaci cholesterolu z vaječných žloutků<sup>103</sup>
- izolaci piperinu z mletého černého pepře (kapitola 5.5.3.2)

Mladí přírodovědci poznali princip extrakce, destilaci za sníženého tlaku a naučili se stavět aparaturu pro zahřívání pod zpětným chladičem (obrázek 65). Během izolace výše zmíněných látek si vyzkoušeli různé druhy filtrace včetně dovednosti tvorby skládaného filtračního papíru. Výsledkem byl vyizolovaný krystalický piperin a chromatograficky přečištěný cholesterol pocházející z vaječných žloutků.

Akce byla vedena studenty katedry organické chemie, zúčastnilo se jí 14 mladých přírodovědců.



OBRÁZEK 65: ÚČASTNÍCI CHEMICKÉHO VÍKENDU, EXTRAKCE PIPERINU, CC CHOLESTEROLU

### 6.3 LETNÍ TÁBOR S PŘÍRODOVĚDCI

---

Letní tábor s přírodovědci byla akce organizovaná v roce 2013 jako příměstský (na PŘF UK v Praze) anebo pobytový tábor (Běstvina poblíž Pardubic) pro děti ve věku 6 - 15 let, které se aktivně zajímají o přírodní vědy. Účastníci měli možnost si vyzkoušet řadu experimentů popisovaných v této disertační práci:

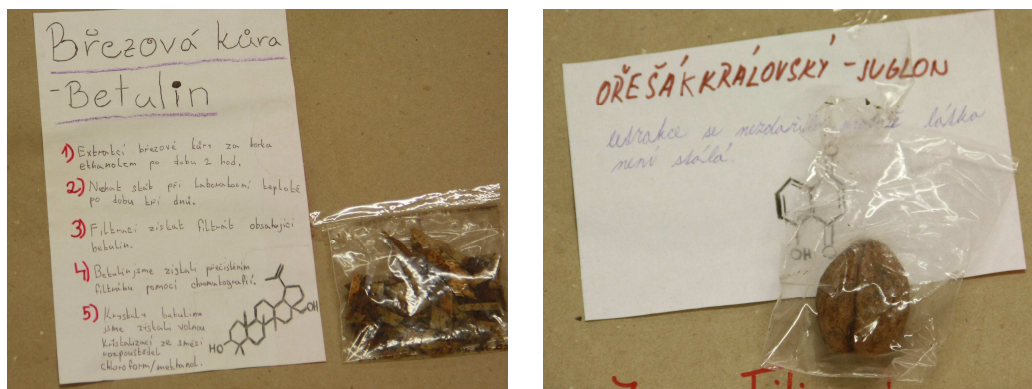
- izolaci mentolu z máty (kapitola 5.5.2.2)
- izolaci mentholu z bonbonů (kapitola 5.5.2.5)
- důkaz piperinu v druzích pepře (kapitola 5.5.3.1)
- izolaci piperinu (kapitola 5.5.3.2)
- izolaci juglonu (kapitola 5.5.4.1)
- izolaci betulinu (kapitola 5.5.5.1)
- izolaci eugenolu (kapitola 5.5.7.1)
- izolaci thymolu (kapitola 5.5.8.1)
- izolaci trimyristinu (kapitola 5.5.9.1)

Se zájemci byly experimenty prováděny pod vedením absolventky PŘF UK v Praze Mgr. Jany Filipové. Na obrázcích 68 a 69 je ukázka posteru a detaily na něm.



OBRÁZEK 68: POSTER Z LETNÍHO TÁBORA S PŘÍRODOVĚDCI





OBRÁZEK 69: DETAILS Z POSTERU

## 6.4 UNIVERZITA TŘETÍHO VĚKU

Do oblasti programů celoživotního vzdělávání na PŘF UK v Praze patří především Univerzita třetího věku (U3V). Toto vzdělávání určené seniorům je možno absolvovat i v oboru chemie. Na Katedře učitelství a didaktiky chemie je toto studium jak teoretické tak i praktické.

Cílem kurzů je:

- seznámit se s novinkami daného oboru
- získat základní poznatky z oboru

Jeden z praktických kurzů byl realizován v roce 2012. Zařazen byl experiment, který je popsán v kapitole 5.5.1.1 - Důkaz vinné a citronové kyseliny v přírodním materiálu. Účastníci kurzu si mohli sami vyzkoušet laboratorní činnost a poté diskutovat s ostatními průběh a výsledek experimentu. Laboratorní činnost trvala 3 vyučovací hodiny. Celkem se zúčastnilo 5 seniorů.

Další praktický kurz byl realizován v roce 2014 tentokrát na téma vanilinové/ vanilkové cukry - důkaz ethylvanilinu/ vanilinu (kapitola 5.5.6.4). Účastníci kurzu porovnávali vanilinové/ vanilkové cukry různých výrobců a zároveň srovnávali své výsledky s dTestem, který zjišťoval aromatickou složku vanilinových/ vanilkových cukrů (více v diskusi kapitola 10.3). Celkem se laboratorní činnosti zúčastnilo 8 seniorů a akce trvala 3 hodiny.

## 7 SBÍRKA S NÁVODY NA EXPERIMENTY

---

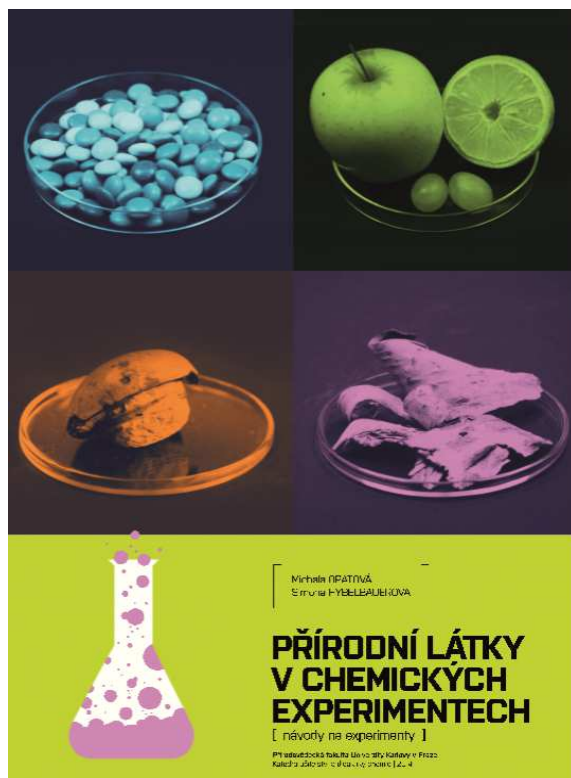
V této práci vytvořený soubor experimentů s přírodními látkami je zařazen do publikace - Přírodní látky v chemických experimentech (viz příloha na CD-sbírka). Do sbírky byly zařazeny nejen experimenty z této disertační práce, ale i z diplomové práce (cholesterol, anthokyaniny, kofein, vitaminy)<sup>103</sup>.

Sbírka obsahuje úvod, který by si měl učitel na začátku přečíst, aby byl seznámen s obsahem a cílem sbírky, aby věděl jak se ve sbírce orientovat a co v ní může očekávat. Před vlastními návody je vložena kapitola s informacemi o přírodních látkách a látkách souvisejících s nimi, zařazených do experimentů. Uvedeny jsou i odkazy na literaturu, aby si čtenář případně mohl dohledat další informace.

Celkem je ve sbírce 25 témat k experimentování. Témata jsou rozvržena na dvoustranu, levá strana obsahuje návod určený žákovi - jsou zde vypsány pomůcky, chemikálie, postup, prostor pro poznámky a doplňující otázky. Tyto otázky byly vybrány tak, aby přiměly žáka k zamyšlení se nad spojením tématu s ostatními předměty ve škole (Bi, Ma, Vv, Hv) nebo nad souvislostmi s každodenním životem. Pravá strana je určena pro učitele. Jsou zde popsány výsledky, doplněné autorskými fotografiemi a komentářem k experimentům. Nechybí prostor pro vlastní poznámky a odpovědi na otázky.

Aby měl učitel představu, kde se dá vybraná chemikálie koupit, jaké má výstražné symboly a kolik přibližně stojí, je vložena tabulka s těmito informacemi.

Na obrázku 70 je ukázána obálka sbírky a na obrázku 71 jeden z návodů na experiment.



#### Mgr. Michela Opatová

Vystudovala bakalářský obor Chemie se zaměřením na vzdělávání na ZČU v Plzni a pokračovala v navazujícím magisterském oboru Chemie a biologie pro SS na PF UK v Praze. Nyní se věnuje doktorské práci na téma Experimenty s přírodními látkami v chemickém vzdělávání. Má tříletou praxi učitelky chemie a biologie na gymnáziu v Praze.

#### RNDr. Simona Hybelbauerová, Ph.D.

Na PF UK v Praze vystudovala obor Učitelství VVP pro střední školy chemie – matematika a následně pak doktorské studium v oboru Organická chemie. Od r. 2006 je odborným asistentem se zaměřením na organickou chemii na Katedře učitelství a didaktiky chemie PF UK v Praze. Práci v oboru učitelství má z Gymnázia Botičská v r. 2001 a v r. 2008, od r. 2009 je učitel chemie na Německé škole v Praze.

OBRÁZEK 70: OBÁLKA SBÍRKY

### 3.25. Izolujte piperin z pepře

**Pomůcky:**

- pepř černá
- těsná miska
- kádinka
- filtrací aparatura
- frita a vývěva
- aparatura pro extrakci se zpětným chladičem (baňka se zpětným chladičem, kahan, přívod vody)

**Chemikálie:**

- ethylacetát
- 10% roztok KOH v ethanolu a vodě v poměru 1:1

**Postup:**

- 10 g černého pepře rozmělníme v třecí misce, nasypeme do banky a přilijeme ethylacetát, přilijeme zpětný chladič a vaříme 15 min
- Přefiltrujeme chladnou směs a odpadíme rozpouštědlo
- Odparek rozpustíme v 10% roztoku KOH v ethanolu a vodě v poměru 1:1
- Směs přefiltrujeme a filtrát chladiíme přes noc v lednici
- Krystaly odsajeme je na fritě a promyjeme malým množstvím (2ml) vody

**Pozorování:**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Závěr:**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Doplňující otázky:**

- Piperin patří mezi alkaloidy, jmenujte některé rostliny obsahující životu nebezpečné alkaloidy.
- Jak se liší proces zpracování u zeleného a černého pepře?
- Z které země je původem pepř?

### Informace pro učitele



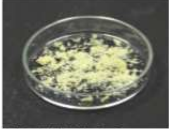
**Tipy:**

Je vhodné pepř nechat extrahovat před vlastní laboratorní prací (např. ukázat v běžné hodině, až žáci vidí postup, a extrakce může volně probíhat do druhého dne, až se zvýší výtěžek).

**Očekávaný výsledek:**

Krystaly se nejprve objeví jako žlutohnědé jehlicovité krystaly a po odsátí na fritě jsou žluté. Výtěžek byl 76 mg.

**Foto:**

Obrazek 69: Tři druhy pepře

Obrazek 70: Extrakt z pepře

Obrazek 71: Krystaly piperinu

**Časová náročnost:**  
90 minut

**Vlastní poznámky:**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Odpovědi na otázky:**

- Např. ruřík, zrnocný, bílý černý.\*
- Zelený – vzniká z rychle usušených nedozrálých bobulí. Černý – vzniká fermentací nedozrálých zelených bobulí.\*
- Z Indie, Indonésie.\*

Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze  
Katedra učitelství a didaktiky chemie

Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze  
Katedra učitelství a didaktiky chemie

[66]

[67]

OBRÁZEK 71: UKÁZKA NÁVODU K EXPERIMENTU ZE SBÍRKY



## 8 PROJEKTY

---

Projekty, které jsou dále popisovány, souvisí s experimenty s přírodními látkami. Jedná se o tyto projekty:

- Po záhadných stopách mentholu (kapitola 8.1)
- Krystaly jak je neznáme (kapitola 8.2)
- Čím si myješ ruce (v příloze na CD)

První a třetí projekt byl ověřen na gymnáziu na Černém mostě (Gymnázium, Vybíralova 964, Praha 9) a byly publikovány v konferenčních sbornících konference pořádané PedF UK *Projektové vyučování v chemii a souvisejících oborech*<sup>104, 105</sup>. Druhý projekt „Krystaly jak je neznáme“ je návrh k realizaci a ověření. Všechny obsahují základní představení projektu, cíle, realizace, harmonogram, rozdělení rolí, návrh na laboratorní činnosti a zhodnocení. První a třetí projekt obsahují navíc fotodokumentaci - fotografie byly pořízeny se souhlasem žáků i jejich rodičů.

Projekty reflektují v současnosti velmi aktuální badatelsky orientované vyučování.

### 8.1 PO ZÁHADNÝCH STOPÁCH MENTHOLU

---

Projekt „Po záhadných stopách mentholu“ je navrhován tak, aby došlo k propojení předmětů (chemie, biologie, výchova ke zdraví) a zároveň k propojení informací mezi jednotlivými ročníky (prima, sekunda, tercie, sexta). Je tedy koncipován pro 4 třídy a hlavním předmětem konání projektu je chemie. Menthol je pro žáky známým pojmem, setkají se s ním v běžně dostupných potravinách a drogistickém zboží.

Téma se vztahuje podle RVP ke vzdělávacím oblastem Člověk a příroda, Člověk a zdraví<sup>69</sup>.

Cíle projektu:

Cíle tohoto projektu jsou, aby žáci:

- vysvětlili, co je to menthol a kde se v přírodě nachází, v jakém zboží ho mohou najít a proč je do tohoto zboží přidáván
- popsali, jaké vlastnosti má menthol a jaké má užití v nejrůznějších oborech
- spolupracovali na společném tématu, které zpracovává více tříd na stejné škole
- vytvořili závěrečné shrnutí s informacemi, které zjistili v průběhu projektu

---

### 8.1.1 PŘÍPRAVA PROJEKTU

---

Před vlastní realizací je důležité správné promyšlení celého projektu především časového harmonogramu. Učitel si musí rozvrhnout projekt tak, aby stihl probíranou látku v souladu s učebním plánem a navíc mohl realizovat projekt.

Tento projekt byl již ověřen v rozsahu 4 vyučovacích hodin po dobu 4 týdnů (tabulka 5). Představení projektu s prezentací zaujme cca 15 min, 2 vyučovací hodiny žáci pracují na projektu v týmech. Závěrečná hodina a půl je věnována shrnutí projektu a prezentacím žáků s jejich výsledky. Někteří žáci pracují na projektu i doma nebo při terénním výzkumu - viz dále). Každá třída má individuální požadavky na zpracování tématu, proto se musí i k tomuto hledisku přihlídnout při plánování časového harmonogramu (např. získání krystalů mentholu může trvat i celý týden).

TABULKA 5: ČASOVÝ HARMONOGRAM PROJEKTU PO ZÁHADNÝCH STOPÁCH MENTHOLU

1. týden	představení projektu, vysvětlení podtémat, rozdělení do týmů a zadání úkolů
2. týden	sběr informací, motivace pomocí vzorků s mentholem
3. týden	experimentování ve školní laboratoři, vytváření tabulek s nalezenými daty tvorba anket, fotografování během projektu
4. týden	shrnutí výsledků a jejich prezentace

---

### 8.1.2 PŘEDSTAVENÍ PROJEKTU

---

První týden byl žákům představen projekt (formou powerpointové prezentace). Prezentace vysvětluje, co je to projekt a jaké jsou jeho cíle. Dále poskytuje informace, jaké třídy jsou zapojeny do projektu, jaké bude jejich podtéma, kolik času je vyhrazeno na zpracování. K závěru následuje rozdělení do týmů.

Zaměření jednotlivých tříd v různých předmětech:

- Prima v biologii - podtéma: „Kam pro menthol do přírody?“

Žáci mají cíl: zjistit, která rostlina obsahuje menthol a najít o ní informace ohledně výskytu, vzhledu, užití, atd. Při hodině biologie budou pozorovat mátu peprnou.

- Sekunda ve výchově ke zdraví - podtéma: „Koupím si menthol v supermarketu?“

Žáci mají cíl: najít, ve kterých výrobcích se menthol vyskytuje. Dobré je rozdělit týmy podle zaměření výrobků (např. na bonbony, čokolády, zubní pasty, atd.). Vypracují anketu pro žáky z tercie (otázky budou směřovány k jejich vybraným výrobkům s mentholem), kterou zrealizují před koncem projektu. Výsledky z ankety budou komentovat při závěrečné prezentaci.

- Tercie v chemii - podtéma: „Pomáhá menthol nebo škodí?“

Žáci mají cíl: zjistit, jaké využití má menthol a proč se do výrobků přidává. Vypracují anketu pro žáky ze sekundy (otázky budou směřovány k informacím o mentholu a jeho využití), kterou zrealizují před koncem projektu. Výsledky z ankety budou komentovat při závěrečné prezentaci.

- Sexta v chemii - podtéma: „Jak vlastně menthol vypadá?“

Žáci mají cíl: dokázat menthol ve výrobcích pomocí experimentu a také připravit menthol izolací z vybraných bonbonů. Zjistí informace o mentholu z cizojazyčné literatury.

Rozdělení rolí v týmech:

Týmy mohou být utvořeny učitelem nebo žáky samotnými (doporučuji utvořit týmy učitelem). V tomto projektu stačí tří - až čtyřčlenné týmy složené z koordinátora, který tým řídí a kontroluje, z výzkumníka, který má za úkol zjišťovat informace, z ICT technika, který zpracuje závěrečnou prezentaci dosažených výsledků, a případně spolubadatele jako čtvrtého člena týmu, který pomáhá všem (tabulka 6).

TABULKA 6: ROZDĚLENÍ ROLÍ V TÝMECH

KOORDINÁTOR	VÝZKUMNÍK	IT TECHNIK	SPOLUBADATEL

---

### 8.1.3 PRŮBĚH PROJEKTU

---

V průběhu projektu je dobré žákům přinést ukázky vzorků s mentholem např. chladivý gel, mátu, mentholové bonbony, ústní vodu a jiné, aby si uvědomili široké spektrum výrobků s mentholem (obrázek 72).



OBRÁZEK 72: VZORKY ZBOŽÍ S MENTHOLEM

Žáci v jednotlivých třídách pracují na svém podtématu v PC učebnách a knihovně (vyhledávání informací), v laboratoři (laboratorní činnosti) a v učebnách (příprava ankety, diskuse v týmu).

## Laboratorní činnosti

Cílem laboratorních činností je:

- pozorovat menthol (čichem v rostlině, zrakem při izolaci)
- popsat vlastnosti mentholu (barva, typ krystalu)
- dokázat menthol ve vybraných výrobcích

V **biologii** lze při laboratorní činnosti pozorovat mátu peprnou – list, stonek a kořen. Žáci mohou přetřít její listy a ucítit menthol.

V **chemii** je možné vyzkoušet experimenty:

- izolace mentholu z máty (kapitola 5.5.2.2)
- TLC extraktu máty a standardu (kapitola 5.5.2.1)
- TLC mentholových bonbonů a standardu (kapitola 5.5.2.4)
- izolace mentholu z bonbonů (kapitola 5.5.2.5)
- příprava esteru s mentholovou vůní (kapitola 5.5.2.3)

Vybraná fotodokumentace:

Na sérii obrázků (obrázek 73) jsou zachyceni žáci při pozorování máty peprné a při ukázce vzorků s mentholem (mátový čaj).



OBRÁZEK 73: POZOROVÁNÍ MÁTY PEPRNÉ A UKÁZKA MÁTOVÉHO ČAJE

#### 8.1.4 VÝSLEDKY A ZHODNOCENÍ PROJEKTU

Po realizaci celého projektu je důležitá prezentace výsledků žáků a závěrečné zhodnocení průběhu projektu. Prezentace žáků je významná v tom, že žáci se sami naučí vystupovat před publikem, obhájit svůj názor při diskuzi a vytvořit zajímavou prezentaci s jejich výsledky. Prezentace výsledků byla v podobě powerpointové prezentace nebo posteru (prima, sekunda). Role učitele v této fázi spočívá v určení týmů, které budou prezentovat a týmů, které předají své výsledky k posouzení ostatním.

Vytisknuté prezentace a postery žáků je vhodné vyvěsit na nástěnky (s jejich souhlasem) kvůli celistvosti školního projektu, aby i ostatní třídy viděli, co jejich mladší či starší spolužáci vytvořili. Pokud je možnost prezentace žáků uspořádat v podobě školní konference, kde by se sešli všechny třídy, které pracovaly na projektu, bylo by to optimálním zakončením projektu.

Shrnutí projektu je nedílnou součástí. Učitel zdůrazní kladné stránky práce žáků na projektu, upozorní na špatné postupy či spolupráci v týmu. Jako zpětnou vazbu na celý projekt může učitel využít dotazníky pro žáky (obrázek 74). Lze z nich zjistit nejen spokojenost s projektem ale i nápady na příští téma projektu.

DOTAZNÍK K PROJEKTU					
Ohodnot'te jako ve škole známkami 1- nejlepší, 2, 3, 4, 5- nejhorší					
Název projektu	1	2	3	4	5
Představení projektu pomocí ppt prezentace	1	2	3	4	5
Zapojení všech čtyř tříd do projektu	1	2	3	4	5
Vyhledávání informací	1	2	3	4	5
Experimenty / Pozorování / Hledání v obchodě	1	2	3	4	5
Vaše prezentace výsledků	1	2	3	4	5
Přinesl vám projekt zajímavé informace?					
Uvítali byste projekt i příští školní rok na jiné téma?					
Vlastní názor na projekt.....					
.....					

OBRÁZEK 74: UKÁZKA DOTAZNÍKU KE ZHODNOCENÍ PROJEKTU

## 8.2 KRYSTALY JAK JE NEZNÁME

---

Téma „Krystaly jak je neznáme“ je koncipované tak, aby žáci v laboratoři připravili krystaly, dozvěděli se o nich informace a propojili si znalosti i z jiných předmětů právě pomocí projektového vyučování. Krystaly jsou zajímavé hlavně z vizuálního hlediska.

Projekt je primárně navržen pro předmět chemie (dělicí metody - krystalizace), ale lze ho využít i v biologii (mineralogii, geologii) a přidat se může okrajově matematika (výpočty tvarů krystalu).

Téma se vztahuje podle RVP ke vzdělávacím oblastem Člověk a příroda, Člověk a zdraví<sup>69</sup>.

### CÍLE PROJEKTU

Cílem tohoto projektu je, aby žák:

- získal informace o krystalech a mohl je použít v praxi při laboratorním cvičení či exkurzi
- připravil v laboratoři krystal
- vytvořil prezentaci o získaných krystalech, která zahrnuje především informaci o materiálu, použité experimentální metodě a další informace související s tématem
- osvojil si základy týmové spolupráce

---

### 8.2.1 PŘÍPRAVA PROJEKTU

---

Před vlastní realizací je důležité správné promyšlení celého projektu především časového harmonogramu, protože na školách jsou učební plány, které se musí dodržet. Učitel si tedy musí rozvrhnout projekt tak, aby stihl probíranou látku v souladu s učebním plánem a navíc mohl realizovat projekt.

Tento projekt je navržen minimálně v rozsahu 4 vyučovacích hodin ve 4 týdnech (tabulka 7). Představení projektu předpokládám na 15 min, následující hodina bude k získávání informací, poté laboratorní cvičení, na závěr třídní

(školní) konference. Učitel by si měl nechat prostor na zhodnocení celého projektu např. již v průběhu běžné hodiny.

TABULKA 7: ČASOVÝ HARMONOGRAM PROJEKTU KRYSTALY JAK JE NEZNÁME

1. týden	představení projektu, rozdělení do týmů a zadání úkolů
2. týden	sběr informací, motivace pomocí experimentu s cukrem
3. týden	experimentování ve školní laboratoři, fotografování během projektu
4. týden	shrnutí výsledků a jejich prezentace

### 8.2.2 PŘEDSTAVENÍ PROJEKTU

První týden je žákům představen projekt (navrhují powerpointovou prezentaci, kde mohou být pro žáky motivační obrázky). Prezentace by neměla být moc obsáhlá, na začátku stačí jednoduše vysvětlit, co je to projekt a jaké jsou jeho cíle. Dále by měla obsahovat, kolik vyučovacích hodin potrvá celý projekt, jak budou utvořené týmy (tabulka 8) a co bude jejich podtéma a závěrem.

TABULKA 8: ROZDĚLENÍ ROLÍ V TÝMECH

KOORDINÁTOR	VÝZKUMNÍK	GRAFIK

Koordinátor má funkci především jako vůdce týmu, rozdává úkoly a kontroluje je. Pomáhá ostatním v případě potřeby. Pravděpodobně bude prezentovat výsledky. Výzkumník provede motivační úlohu s cukrem a přípravu krystalů v laboratoři (ostatní mu budou nápomocni). Grafik bude mít za úkol kromě vytvoření prezentace (posteru) také dokumentování průběhu práce svého týmu na projektu.



---

### 8.2.3 PRŮBĚH PROJEKTU

---

Během projektové výuky je vhodné, aby učitel motivoval žáky např. ukázkou rostoucích krystalů ve vodním skle<sup>106</sup>.

Všechny týmy budou mít za úkol zjistit obecně, co jsou to krystaly, kde se vyskytují, jak vypadají, jaké mají vlastnosti, příklady tvarů krystalů a k nim zástupce. Tato aktivita bude probíhat v PC učebnách, knihovně, je možné navštívit muzeum (např. Národní muzeum - oddělení mineralogie).

Všechny týmy provedou experiment – krystalizace moučkového cukru (viz sbírka – příloha na CD). Jednotlivým týmům by byla přiřazena (příp. losováním) další krystalická látka, ke které mají zjistit podrobnější informace, vytvořit ze špejlí a plastelíny její tvar a v laboratoři si vyzkoušet přípravu krystalů.

Navrhované experimenty:

- izolace betulinu (kapitola 5.5.5.1)
- izolace piperinu (kapitola 5.5.3.2)
- izolace juglonu (kapitola 5.5.4.1)
- izolace trimyristinu (kapitola 5.5.9.1)
- izolace mentholu z bonbonů (kapitola 5.5.2.5)
- izolace cholesterolu<sup>103</sup>

*Pozn. žáci mohou provádět krystalizaci i v domácích podmínkách. Sada Krystaly (k dostání v obchodech) nabízí návody k přípravě krystalů, obsahuje základní chemikálie a pomůcky – vhodné pro žáky nižšího gymnázia.*

---

### 8.2.4 VÝSLEDKY A ZHODNOCENÍ PROJEKTU

---

Ke konci projektu by měla následovat prezentace týmů a jejich dosažených výsledků, doplněná fotografiemi z experimentování. Učitel by měl shrnout celý průběh projektu (viz kapitola 8.1.4).

## 9 EXKURZE

---

Do této práce byly navrženy a následně realizovány dvě exkurze, které úzce souvisí s přírodními látkami:

- exkurze v ÚOCHB AV ČR
- exkurze v Čokoládovém domě

### 9.1 EXKURZE V ÚOCHB AV ČR

---

Ústav organické chemie a biochemie Akademie věd České Republiky (ÚOCHB AV ČR) je vědecké pracoviště, které se mimo jiné zabývá zkoumáním přírodních látek, jejich výskytem v živém organismu, jak je z něj izolovat a následně využít např. pro léčiva, dále zkoumáním vztahů mezi živými objekty v přírodě (např. pomocí feromonů, které může být prospěšné při biologickém boji se škůdci) a také se zabývá přípravou nových materiálů vedoucích ke konstrukci nanostrojů.

Kvůli těmto aktivitám bylo pracoviště ÚOCHB AV ČR vybráno jako zajímavé místo k exkurzi. ÚOCHB AV ČR mimo jiné pořádá každoročně akci Týdny vědy a techniky (nebo také akci s názvem Týden mozku), kterých se může zúčastnit veřejnost a prohlédnout si pracoviště. Tato akce je velmi zajímavá, každý účastník si může vybrat oblast, která ho zajímá.

Exkurze byla uskutečněna v roce 2011 na 2 pracovištích ÚOCHB AV ČR s tématy: antimikrobiální peptidy a feromony termitů.

---

#### 9.1.1 PŘÍPRAVA NA EXKURZI

---

Je vhodné, když exkurzi nejprve absolvuje sám učitel, aby zjistil informace o průběhu exkurze, jestli bude přínosná pro žáky a aby si případně mohl dopředu připravit otázky a úkoly pro skupiny. Já jsem také nejprve absolvovala exkurzi sama a poté jsem přihlásila třetí ročník gymnázia se mnou na akci Týden vědy a techniky, vybrala jsem 2 témata, která jsem shledávala za přínosné.

Na obrázku 75 je ukázka části powerpointové prezentace, která byla prezentována žákům před konáním exkurze v běžné hodině chemie, aby jim nastínila, co je čeká a zároveň, aby již získali základní informace o ÚOCHB AV ČR.



OBRÁZEK 75: UKÁZKA PREZENTACE PŘED EXKURZÍ

Před samotnou exkurzí jsem žáky rozdělila do skupin po 4 (každý žák měl ve skupině svoji funkci) a navíc rozdala úkoly pro všechny skupiny.

Funkce:

- novinář - zapisuje informace, získané při exkurzi
- fotograf - pořizuje záznam z průběhu exkurze
- reportér - pokládá otázky odborníkovi
- vědec - vyzkouší si možné aktivity

Úkoly:

- popište místa, která jste navštívili (všimněte si zajímavostí, přístrojů atd.)
- jakou pracovní náplň mají zaměstnanci v oddělení, které jste navštívili?
- vyjmenujte chemické látky, o kterých jste slyšeli
- shrňte na závěr své pozorování při exkurzi

---

### 9.1.2 PRŮBĚH EXKURZE

---

Žákům jsem před budovou ÚOCHB AV ČR připomněla rozdělení do skupin, jaké mají funkce a úkoly. Následovala exkurze po 2 pracovištích se zaměřením na:

#### 1. Feromony termitů

Odborník na téma feromony termitů nejprve žákům popsal, jaký je jeho pracovní den na ÚOCHB AV ČR a zároveň jaká je jeho práce během roku. Žáci se dozvěděli, kolik času musí trávit i mimo ČR kvůli pozorování termitů v jejich přirozeném prostředí. Poté žákům vysvětlil význam feromonů a ukázal v praxi, jak si termiti předávají informaci o trase. Na filtrační papír nakreslil pomocí feromonu trasu pro termity a za chvíli vypustil jednoho termita, který se po velmi krátké chvíli uchýlil k následování trasy. Trasa námi nebyla vidět ani cítit.

#### 2. Antimikrobiální peptidy

Odbornice na téma antimikrobiální peptidy žákům pomocí powerpointové prezentace ukázala obrázky vzorců některých peptidů, se kterými na pracovišti pracuje. Poté předvedla techniku, kterou nezbytně potřebuje ke svému experimentování. Následovala teorie o peptidech a využití antimikrobiálních peptidů v praxi: např. lucifensin, který přispívá k hojení infikované rány, je vylučován larvami mouchy *Lucilia sericata*.

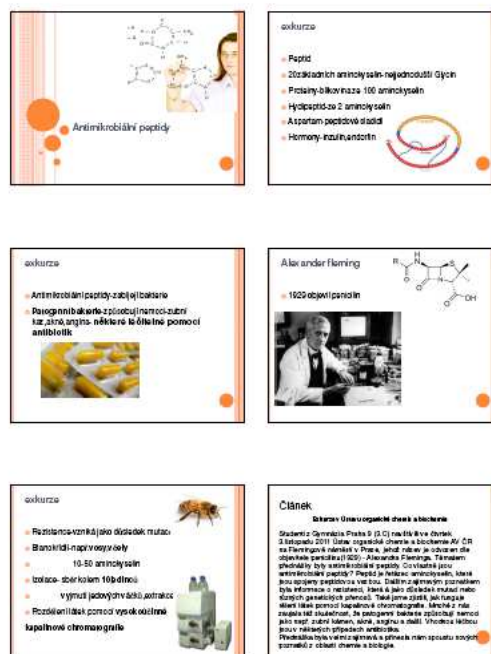
---

### 9.1.3 SHRNUTÍ A ZHODNOCENÍ EXKURZE

---

Po skončení exkurze jsem shrnula informace, co jsme se dozvěděli na ÚOCHB AV ČR, a připomenula, že žáci si mají ve skupinách do příští hodiny připravit krátkou prezentaci s fotografiemi, které pořídili během exkurze a vypracovat zadané úkoly.

Na obrázku 76 je ukázka části prezentace jedné skupiny. Na obrázku 77 je text, který napsala studentka, po uskutečnění exkurze do školních novin.



OBRÁZEK 76: UKÁZKA PREZENTACE PO EXKURZI

## Gymnázium v Akademii věd

V rámci akce Týden vědy a techniky měli žáci možnost navštívit pracoviště ÚOCHB AV ČR (Ústav organické chemie a biochemie). Třída 3.C s profesorkou Mgr. M. Polívkovou objevila, jak spolu komunikuje hmyz pomocí feromonů, viděli živé termity a dozvěděli se spoustu zajímavostí o nich. Na druhém oddělení jim bylo vysvětleno, že včely a vosy obsahují léčivé látky, které lze použít v boji proti bakteriím. Žáky mimo jiné zaujalo, jak vypadá práce vědce v terénu a poté laboratoři, dokázali si tak lépe představit, co jejich práce obnáší.

H.Víchová

OBRÁZEK 77: ČLÁNEK DO ŠKOLNÍCH NOVIN

## 9.2 EXKURZE V ČOKOLÁDOVÉM DOMĚ

---

Čokoládový dům je 1. muzeum čokolády v ČR (existuje od roku 2006) a nachází se na Praze 2. Muzeum nabízí mimo jiné workshopy kreslení čokoládou a výrobu čokoládových pralinek. V rámci kurzu U3V zde byla uskutečněna exkurze v roce 2014.

---

### 9.2.1 PŘÍPRAVA NA EXKURZI

---

Před samotnou exkurzí jsem připravila tištěný materiál pro účastníky kurzu U3V (příloha na CD). Materiál obsahoval témata:

- historii čokolády v bodech
- složení čokolády
- doplňující informace o čokoládě

---

### 9.2.2 PRŮBĚH EXKURZE

---

Účastníkům kurzu U3V jsem na místě konání exkurze podala základní informace o muzeu a nastínila, co je zde čeká. Všichni dostali tištěné materiály, do kterých si mohli vypisovat vlastní poznámky a kde měli odkazy i na doplňující literaturu.

Poté následovala ochutnávka čokolády od průvodkyně muzea s tím, abychom uhodli, o jakou čokoládu se jedná. Vzorek čokoládové pralinky byl vyroben přímo ve výrobně čokoládových pralinek muzea.

Během exkurze se účastníci dozvěděli o historii, složení a výrobě čokolády. Nechyběl význam čokolády pro zdraví (pozitiva i negativa), jak se v historii čokoláda podávala (nádobí, obaly) a byly zde k vidění výrobky a obrazy z čokolády. K závěru exkurze nás průvodkyně zavedla do výroby čokoládových pralinek a předvedla praktickou ukázkou výroby. Upozornila na jednotlivé látky, které jsou podstatné pro unikátní chuť čokolády.

---

### 9.2.3 SHRUTÍ A ZHODNOCENÍ EXKURZE

---

Celkem se akce zúčastnilo 8 seniorů. Při rozhovorech s účastníky jsem zjistila, že exkurze byla přínosná. V obchodě si zakoupili i čokoládové výrobky, jejichž složení odpovídalo pravé čokoládě.

## 10 DISKUSE

---

V této části práce okomentuji fakta, zjištění, zkušenosti a problémy, se kterými jsem se v průběhu zpracovávání svého tématu setkala.

### 10.1 DISKUSE K SOUČASNÉMU STAVU ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

---

Návody na experimenty s přírodními látkami je možné najít ve vybraných učebnicích, sbírkách, akademických pracích a odborných časopisech českých i zahraničních. V učebnicích se často opakují návody na stejné experimenty, zatímco akademické práce a časopisy přináší nové nebo inovované nápady na pokusy. Vypsala jsem názvy experimentů s přírodními látkami jak z akademických prací (kapitola 3.6) tak z vybraných časopisů (kapitola 3.7) s odkazem na literaturu, aby si případný zájemce mohl vybraný pokus detailně prostudovat. Z RVP (kapitola 3.8) lze konstatovat, že téma přírodní látky je v očekávaném učivu a výstupech obecně definováno a experimenty jsou žádoucí v oblasti kvalitativní a kvantitativní analýzy.

### 10.2 DISKUSE K DOTAZNÍKOVÉMU ŠETŘENÍ

---

Návratnost hlavního celorepublikového dotazníkového šetření považuji za celkem velkou (56 % na počet škol, resp. 51 % na počet učitelů), k čemuž přispělo zřejmě několik faktorů. Jedním z nich bylo rozhodnutí oslovit učitele chemie po celé ČR, dalším faktorem byla elektronická podoba zasláného dotazníku a přímé oslovení učitelů nikoliv škol přes jejich dostupné emailové adresy. Motivačním prvkem pro vyplnění dotazníku byl pro učitele jistě i příslib zaslání nové sbírky experimentů. Jinou motivaci bohužel učitelé k vyplňování dotazníků většinou nemají. Ředitelé škol nemají dostatek financí, aby učitele mohli finančně motivovat k vyplňování dotazníků, které jim jsou zasílány v průběhu vypracovávání didaktických akademických prací.

Získané výsledky z hlavního dotazníkového šetření (kapitola 4.1) přinesly očekávané odpovědi k otázkám, jak často se chemie vyučuje na školách a z jakých zdrojů učitelé získávají inspiraci k experimentům. Zároveň jsem získala i nové

poznatky k otázce, jaké experimenty s přírodními látkami ve své praxi učitelé provádí. Překvapila mě odpověď jednoho učitele, který v dotazníku uvedl, že experimenty neprovádí žádné. Z dotazníků vyplynulo, což bylo pro mou disertační práci stěžejní zjištění, že učitelé mají zájem o další materiály k přírodním látkám a proto byla vytvořena sada návodů k experimentům v podobě sbírky, která bude předána nejen učitelům zapojených do dotazníkového šetření, ale i účastníkům seminářů a případně dalším zájemcům.

Z menších dotazníkových šetření v rámci seminářů Projektu 5P+ (kapitoly 4.2 a 4.3) byla zjištěna pozitivní reakce na témata konaných seminářů a představené experimenty, které většina účastníků neznala. Návratnost těchto dotazníkových šetření byla velká - 100 % v prvním semináři a 83 % v druhém semináři (především z důvodu osobního zadání dotazníků přímo v rámci seminářů). K ochotě vyplnit dotazník přispěl fakt, že šlo o krátký dotazník a věřím, že i ochota vyplnit dotazník ukázala na spokojenost učitelů s náplní seminářů.

### 10.3 DISKUSE K EXPERIMENTÁLNÍ ČÁSTI

---

Experimentální činnost je vždy spojena jak s úspěchy tak i neúspěchy, kterým jsem se při své laboratorní činnosti nevyhnula ani já. Mnohé nápady se nepodařilo v laboratoři dovést ke zdárnému konci. Např. důkazové reakce kofeinu, které ač jsou popsány, se vzorky čajů a kávy jednou vyšly a poté se již experiment nepodařilo zdárně zreprodukovat. Takovýto experiment pak není vhodný pro potřeby výuky chemie na SŠ. Mezi dílčí neúspěchy patří i nápad na důkaz citronové kyseliny v citrusových plodech a dalších potravinách pomocí TLC, což se ukázalo jako nevhodné, protože citronová kyselina má stejné  $R_f$  jako sacharidy obsažené v ovoci. Naopak kladnou motivací k dalšímu experimentování pro mě byly laboratorní úspěchy.

Má vlastní experimentální činnost, jako všech badatelů, vyžadovala trpělivost a pevnou vůli. Často se musela hledat delší dobu vhodná mobilní fáze, aby vzorek neležel přímo u startovní linie anebo naopak až u cíle TLC destičky. Stejně tak důležitý je i výběr detekčního činidla, aby byl důkaz prokazatelný a hlavně viditelný (např. thymol byl úspěšně detekován pouze pomocí AMC a detekce kyselinou sírovou byla neprůkazná, špatně viditelná). V ostatních



případech lze použít k detekci TLC obě používaná detekční činidla. Každý experiment jsem několikrát opakovala, abych optimalizovala postup a také ověřila funkčnost experimentu.

V jaké čistotě jsem látky izolovala a zda jsem získala chtěnou látku, jsem vedle TLC chromatografie také ověřila pomocí NMR spektroskopie (kapitola 5.1.5), která je v této disertační práci popisována velmi okrajově (více viz příloha na CD brožura k semináři NMR v teorii a praxi). Výsledná  $^1\text{H}$  a  $^{13}\text{C}$  NMR spektra jsou v příloze 7). Porovnáním naměřených spekter se spektry v literatuře jsem potvrdila jednoznačně jednotlivé struktury látek<sup>107-116</sup>. Bez toho by byl návod na experiment napadnutelný.

Obecně lze konstatovat, že všechny mnou navrhované experimenty (vyjma betulinu) se týkají práce s potravinami. Je zde úskalí, že výrobci potravin mohou změnit složení svých výrobků a navrhovaný experiment tak nemusí vycházet. Proto je nutné si číst složení potravin, které uvažujeme použít k experimentu. Např. je mezi učiteli velmi rozšířený experiment „Chromatografie syntetických barviv z lentilek“. Ovšem výrobce Orion změnil složení a dnes používá k barvení přírodní barvy a „známá“ chromatografie barviv pak s nimi nevychází. Jak ukazuje mnou navržený experiment ve sbírce kapitola 3.5 (v příloze na CD) je možné je dále k experimentování i chromatografii použít, ale jinak (jiná mobilní fáze, jiné dělené barvy). Při práci s rostlinným materiálem je nutné si uvědomit, že se obsah látky může lišit v závislosti na druhu, stáří, podmínkách růstu a zdraví rostliny.

V průběhu své práce jsem se také setkala s rozdílem ve složení stejného výrobku. U bonbonů TIC TAC Mint před 3 roky (2011) vyšel pozitivní výsledek na důkaz mentholu a tento rok (2014) nebyl prokázán. Pozn. Tento rok byl znovu pokus (kapitola 5.5.2.4) přezkoušen z důvodu jeho zařazení do semináře v rámci projektu 5P+. Na obrázku 78 je zachycen důkaz mentholu v bonbonech TIC TAC Mint detekovaný AMC před 3 roky a na druhé destičce detekované kyselinou sírovou důkaz mentholu v bonbonech Halls ale skvrna v oblasti mentholu u TIC TAC Mint není přítomna (rok 2014). Nutno podotknout, že v druhém případě detekce byla provedena pouze z chloroformových extraktů (rozmělněných bonbónů chloroformem bez předchozího rozpuštění bonbónů ve vodě). Tudíž nižší koncentrace mentholu nemusí být takto dokázána. Ale u Halls byla dokázána.



OBRÁZEK 78: TLC MENTHOLU- POROVNÁNÍ V ROCE 2011 A 2014

Při rozhovorech s učiteli v rámci projektu 5P+ bylo diskutováno o možnostech levnějších pomůcek k chromatografii, např. skleněné kolony (uváděná cena v příloze 6), zda-li by šly nahradit za skleněné trubice s hadičkou a svorkou. Toto rozhodnutí je vždy na učiteli a finančních možnostech dané školy. Je zapotřebí si ale vyzkoušet techniku dříve než ji učitel bude provádět se studenty, aby experiment zdárně vyšel. Kupované TLC destičky lze nahradit laboratorními sklíčky pokrytými směsí silikagelu se sádrou (viz sbírka na CD v příloze) a kapiláry lze vytáhnout ze skleněných trubiček např. při ukázce práce se sklem. Také jsme rozebírali možnost recyklace použitého silikagelu, čímž by učitelé snížili spotřebu materiálu.

Témata navrhovaných experimentů jsou širokého využití do všech ročníků chemie na SŠ. Vybrané jednodušší experimenty by šly zařadit i do výuky na ZŠ (např. kapitola 5.5.2.5). Přírodní látky nabízejí propojení s biologií, proto lze některé předvést i v rámci tohoto předmětu (např. kapitoly 5.5.2.1 a 5.5.2.2). Učitel si najde z předložených návodů časově nenáročné experimenty vhodné i jako demonstrační (např. kapitola 5.5.2.4) či náročnější, které lze zařadit do chemického semináře nebo zájmového kroužku (např. kapitola 5.5.3.2).

Podrobněji k jednotlivým experimentům:

U experimentu s **karboxylovými kyselinami** (viz kapitola 5.5.1.1) je možné, že vyjde jiné spotřebované množství vápenné vody, než je uvedeno v návodu. Záleží na tom, jestli je připraven skutečně nasycený roztok vápenné vody – když není, je poté větší spotřeba vápenné vody k experimentu a také získané množství sraženiny je pak ve větším objemu roztoku menší. Při rozpouštění vápenné soli vinné kyseliny je v případě nerozpouštění sraženiny po dvou minutách varu zapotřebí nechat projít roztok varem delší dobu. Doplnující

experimenty k tomuto tématu (reakce s kyselinou chlorovodíkovou, kyselinou sírovou a důkaz pH) byly prováděny pouze s citronanem vápenatým, vinan byl rozpuštěn a pro doplňující reakce nebyl znovu připraven – u standardu se dají očekávat stejné výsledky jako u citronanu vápenatého. Dále je nutné počítat s delší časovou prodlevou při filtraci přírodního materiálu (citronové šťávy), k urychlení lze použít sítko na kávovou sedlinu (např. od firmy Tescoma). Na závěr tohoto tématu experimentů bych chtěla zdůraznit, že bylo velmi problematické dohledat literaturu k rozpustnosti vápenatých solí zmiňovaných kyselin. Také je nutno konstatovat, že reakce není specifická pro použité karboxylové kyseliny.

Téma **menthol** (kapitola 5.5.2) bylo důkladně prozkoumáno v oblasti izolace z přírodního materiálu i z potravinářských výrobků – bonbonů. U přírodního materiálu se však získalo malé množství mentholu (viz obrázek 37) oproti mentholovým bonbonům. Přírodní materiál ale na druhou stranu nabízí možnosti, jak lze při jednom experimentu pozorovat i chromatografii přírodních barviv (kapitola 5.5.2.2). U bonbonů lze velmi rychle zjistit přítomnost mentholu extrakcí z rozmělněného bonbonu v malém množství chloroformu a následným TLC v porovnání se standardem (obrázek 78). Příprava esteru s mátovou vůní byla pozměněna oproti původnímu návodu<sup>117</sup>, z důvodu nepřesných informací - výsledný ester popisuje jako pevnou látku, ale jedná se o kapalinu. Výsledná vůně byla podobná vůni zubní pasty s mentholem (vjem je velmi subjektivní, pro každého může mít jinou podobu). Literatura pro tento ester uvádí příjemnou svěží sladkou vůni<sup>118</sup>.

Důkaz **piperinu** v druzích pepře (viz kapitola 5.5.3.1) přinesl zajímavé zjištění, protože nebyl prokázán v růžových plodech (viz obrázek 43). Izolace piperinu z pepře (kapitola 5.5.3.2) není mezi učiteli v ČR známá, tento pokus se provádí v laboratorním praktiku z organické chemie na VŠ (např. VŠCHT Praha). V zahraniční literatuře je popisována výrazně častěji<sup>88</sup>. Tento experiment nabízí poměrně snadnou izolaci přírodní látky v čisté formě i bez použití chromatografie na rozdíl od jiných mnou navrhovaných experimentů.

Při izolaci **juglonu** (kapitola 5.5.4.1) dochází k izolaci na vzduchu nestálé látky, která se snadno oxiduje. Experiment nabízí velmi jednoduchou ukázkou extrakce se získáním přírodní látky, ale již není možné s ní dále pracovat – pouze s oxidovanou formou. Zajímavá je reakce juglonu s proteiny vyskytujícími se

v pokožce, kdy dochází ke zbarvení kůže, proto je doporučeno při laboratorní práci mít ochranné rukavice.

K získání **betulinu** (kapitola 5.5.5.1) je zapotřebí použít co nejčistší kůru, aby nebyla porostlá mechy, které způsobují nazelenalou barvu chromatografických frakcí obsahující betulin a byla by nutná další chromatografie k přečištění, což z časových důvodů není pro laboratorní práci na SŠ vhodné. V tomto případě byl postup navržen tak, aby byla spotřeba rozpouštědel co nejmenší a přesto byla získána čistá látka. Tato snaha byla u všech mnou navrhovaných experimentů s ohledem na omezené finanční možnosti většiny SŠ.

Při provádění experimentu s **vanilinem/ ethylvanilinem** (kapitola 5.5.6.2) - důkaz fenolické skupiny - je nutné získat chloroformový extrakt suchý a přidat k němu roztok chloridu železitého, případně roztok zahřát. Rozpustnost vanilinu lze dohledat v tabulkách<sup>119, 120</sup>. Při reakci s Bradyho činidlem (kapitola 5.5.6.3) je důležité pozorovat detailně vznikající sraženinu, někdy může vznikat v nepatrném množství (obrázek 79).



OBRÁZEK 79: DETAIL SRAŽENINY PO PŘIDÁNÍ BRADYHO ČINIDLA




Experimenty s vanilinovými/ vanilkovými cukry jsem prezentovala v květnu 2013 na konferenci „Súčastnosť a perspektivy didaktiky chemie III“. V rámci této konference byl publikován článek ve Sborníku z konference (příloha na CD články). Důkaz funkčních skupin vanilinu/ ethylvanilinu (kapitola 5.5.6.4) ve vybraných vzorcích cukrů, analýzu jejich množství v cukrech jsem prováděla na semináři v rámci projektu 5P+ v 1. termínu 2. 12. 2013 (kapitola 6.1). Následně v březnu 2014 vyšel článek v časopise dTest, kde byly publikovány výsledky testu obsahu aromatických složek vanilinových/ vanilkových cukrů z hlediska kvantity i kvality<sup>121</sup>. Vyšly zde poměrně rozdílné výsledky oproti mým zjištěním, především co se týká množství vonné látky, ale v případě jednoho vzorku i z hlediska kvality. V reakci na výsledky v časopise jsem experiment rozšířila i o další časopisem

testované vzorky, abych mohla všechny výsledky porovnat (tabulky 9 - 12). Mnou získané výsledky pomocí důkazových reakcí funkčních skupin a TLC s porovnáním se standardem vanilinu byly ověřeny také pomocí NMR spektroskopie, jejíž výsledky jsou jednoznačné pro rozlišení vanilinu od ethylvanilinu. Z článku dTestu jsem se o metodě, kterou byla vonná složka (a její množství) zjišťována mnoho nedozvěděla. Pouze, že byla přítomnost vanilinu zjištěna, cituji, „citlivým přístrojem chromatografem“.




Účastníci kurzu U3V (kapitola 6.4) si měli možnost vyzkoušet tento experiment s větším počtem vzorků, stejně jako učitelé v rámci 2. termínu semináře v projektu 5P+ (kapitola 6.1.2) a porovnat svá zjištění s výsledky z veřejností oblíbeného časopisu. Experiment pro účastníky tak získal další rozměr poznání.

Výsledky testu vanilkových/ vanilinových cukrů v časopise dTest a v disertační práci:


TABULKA 9: VANILKOVÉ CUKRY

Vanilkové cukry		
<p>Organic vanilkový cukr Tesco</p> 	<p>Vanilkový cukr bio Amylon</p> 	<p>Vanilkový cukr Dr. Oetker</p> 
<p>Hmotnost balení: 20 g/ 7,90 Kč Složení: BIO třtinový cukr, BIO bourbon vanilka (min. 1,5 %) Prodejce: TESCO <b><u>Zjištěno:</u></b> dTest: 0,044 mg vanilin/1g Disert.práce: netestováno</p>	<p>Hmotnost balení: 20 g/ 8,90 Kč Složení: BIO třtinový cukr, BIO bourbon vanilka (min. 1,5 %) Prodejce: Albert hypermarket <b><u>Zjištěno:</u></b> dTest: 0,037 mg vanilin/1g Disert.práce: 1,46 mg CHCl<sub>3</sub> extraktu obsahujícím vanilin/1g, patrný obsah dřeně vanilkového lusu</p>	<p>Hmotnost balení: 8 g/ 7,90 Kč Složení: cukr, přírodní vanilkové aroma (s extraktem vanilky) Prodejce: TESCO <b><u>Zjištěno:</u></b> dTest: 0,003 mg vanilin/1g Disert.práce: 0,29 mg směsi obsahující zanedbatelně vanilinu /1g</p>







TABULKA 10: VANILINOVÉ CUKRY S OBSAHEM VANILINU DLE DTESTU

Vanilinové cukry s obsahem vanilinu dle dTestu:		
<p>Vanilínový cukr Castello</p> 	<p>Vanilinový cukr RUF</p> 	<p>Vanilinový cukr PENNY</p> 
<p>Hmotnost balení: 16 g/ 1,50 Kč Složení: cukr, aroma: vanilin Prodejce: Lidl <b><u>Zjištěno:</u></b> dTest: 3,788 mg vanilin/1g Disert.práce: 13,5 mg vanilin/1g</p>	<p>Hmotnost balení: 8 g/ 7,90 Kč 10 ks Složení: cukr, aroma: vanilin Prodejce: TESCO <b><u>Zjištěno:</u></b> dTest: 2,702 mg vanilin/1g Disert.práce: 8,58 mg vanilin/1g</p>	<p>Hmotnost balení: 20 g Složení: cukr, aroma: ethylvanilin Prodejce: PENNY market <b><u>Zjištěno:</u></b> dTest: 0,239 mg vanilin/1g Disert.práce: netestováno</p>

TABULKA 11: VANILINOVÉ CUKRY S OBSAHEM VANILINU A ETHYLVANILINU DLE DTESTU

Vanilinové cukry s obsahem vanilinu a ethylvanilinu dle dTestu:		
<p>Vanilinový cukr STILLA dolce</p> 		
<p>Hmotnost balení: 8 g/ 7,90 Kč 10 ks Složení: cukr, aromatické látky, rostlinná vláknina Prodejce: Kaufland <b><u>Zjištěno:</u></b> dTest: 0,993 mg vanilin/1g 2,262 mg ethylvanilin/1g Disert.práce: 4,13 mg ethylvanilin/ 1g</p>		

TABULKA 12: VANILINOVÉ CUKRY S OBSAHEM ETHYLVANILINU DLE DTESTU

Vanilinové cukry s obsahem ethylvanilinu dle dTestu:		
<p>Vanilinový cukr VITANA</p> 	<p>Vanilinový cukr Dr. Oetker</p> 	<p>Vanilinový cukr TESCO value</p> 
<p>Hmotnost balení: 20 g/ 3,50 Kč Složení: cukr, aromatická látka: ethylvanilin Prodejce: TESCO <b>Zjištěno:</b> dTest: 2,592 mg ethylvanilin/1g Disert.práce: 2,8 mg ethylvanilin/ 1g</p>	<p>Hmotnost balení: 20 g/ 3,50 Kč Složení: cukr, aroma Prodejce: TESCO <b>Zjištěno:</b> dTest: 2,51 mg ethylvanilin/1g Disert.práce: 0,6 mg ethylvanilin 1g</p>	<p>Hmotnost balení: 20 g/ 1,30 Kč Složení: cukr bílý krupice, aroma (0,25 %) Prodejce: TESCO <b>Zjištěno:</b> dTest: 0,741 mg ethylvanilin/1g Disert.práce: 1,24 mg ethylvanilin/ 1g</p>
<p>Vanillin sugar TESCO</p> 	<p>Vanilinový cukr Amylon</p> 	<p>Vanilinový cukr LN Group (zelený)</p> 
<p>Hmotnost balení: 10 g/ 1,50 Kč Složení: cukr, aroma Prodejce: TESCO <b>Zjištěno:</b> dTest: 0,732 mg ethylvanilin/1g Disert.práce: 14,39 vanilin mg/1g</p>	<p>Hmotnost balení: 20 g/ 2,90 Kč Složení: cukr, aroma ethylvanilin Prodejce: TESCO <b>Zjištěno:</b> dTest: 0,035 mg ethylvanilin/1g Disert.práce: 0,4 mg ethylvanilin ve směsi/ 1g</p>	<p>Hmotnost balení: 20 g/ 0,90Kč Složení: cukr, ethylvanilin Prodejce: Kaufland <b>Zjištěno:</b> dTest: nedetekováno Disert.práce: 0,19 mg chloroformového extraktu bez vanilinu či ethylvanilinu/ 1g</p>
<p>Vanilinový cukr Kávoviny</p>		



		
Hmotnost balení: 25 g/1,60 Kč Složení: cukr bílý krupice, aroma Prodejce: Billa <b><u>Zjištěno:</u></b> dTest: netestováno Disert.práce: 0,67 mg ethylvanilin/ 1g		

Pozn. Obrázky z tabulek 9-12 byly použity z časopisu dTest<sup>121</sup>

Tradičně se provádí izolace vonných složek destilací s vodní parou. Jinou možností je návrh experimentu s **eugenolem** (kapitola 5.5.7.1) za využití vlastností fenolu – rozpustnost sodné soli ve vodě a poté převedení zpět na kyselinu a extrahovat do organického rozpouštědla. Inspirací pro tento postup mi byl zahraniční článek<sup>122</sup>. Opět je vhodné použít k filtraci jemné sítko na kávovou sedlinu po extrakci vodným roztokem báze. Eugenol je bezbarvá až nažloutlá látka, při experimentování se může stát, že bude znečištěna rostlinným barvivem, ale v mém případě byl pomocí TLC i NMR prokázán čistý eugenol. Tento experiment je možné doplnit o důkaz eugenolu i v jiném materiálu (např. v chloroformových extraktech bobkového listu či nového koření). Také by mohl být postup z návodu použit i pro izolaci fenolických látek z jiných materiálů. Tento experiment je možné použít do výuky chemie při probírání tématu fenolů a jejich vlastností. Studenti KUDCh PřF UK v Praze v předmětu Experimenty ve výuce chemie II dělají experiment se základním fenolem. Využití pro izolaci eugenolu z hřebíčku ukazuje praktické využití tohoto experimentu.

Po úspěšné izolaci eugenolu jsem vyzkoušela stejný postup i pro **izolaci thymolu** z čerstvého tymiánu (kapitola 5.5.8.1). Zde se ovšem získal malý výtěžek a nečistá látka, která by musela být dále chromatograficky přečištěna (z důvodu malého množství extraktu nebyla následná chromatografie provedena). Zkoušela jsem i extrakci ze sušeného tymiánu, kde ovšem v extraktu silně převažovaly barviva a další látky a pokus tak v tomto případě nebyl úspěšný.



Výše zmíněné izolace vedou k větším či menším výtěžkům, přesto v řádech mg. Proto byl zařazen k sérii izolačních pokusů experiment s **trimyristnem** (kapitola 5.5.9.1). Tento experiment není nový<sup>1</sup>, ale učitelé ho opět neznají a je dobré ho mezi ně rozšířit. Vede k výtěžkům čistého pevného tuku v řádu gramů. Tento experiment lze doplnit o ukázkou nízkého bodu tání získaného tuku, kdy se na filtrační papír umístí malé množství získaného tuku a zahřeje se horkovzdušnou pistolí či nad vodní lázní. Na filtračním papíře se objeví mastná skvrna. Že se jedná o tuk, lze následně dokázat pomocí barviva Sudan III. Do ethanolového roztoku Sudanu III se na minutu ponoří filtrační papír s mastnou skvrnou, poté se ethanolem vymyje přebytečné barvivo. V místě mastné svkrny zůstane lipofilní barvivo Sudan III navázáno a skvrna je zbarvena proto růžově.

#### 10.4 DISKUSE K VYUŽITÍ EXPERIMENTŮ NA VZDĚLÁVACÍCH A POPULARIZAČNÍCH AKCÍCH

---

Většina navrhovaných experimentů byla využita na 4 akcích: v rámci Projektu 5P+, na Chemickém víkendu 2 - Dary přírody, na Letním táboře s přírodovědci a pro kurz U3V. Ať už jsem akci vedla já nebo kolegové z PřF UK v Praze, vždy se experimenty setkaly s kladnou odezvou. Kolegům stačilo poskytnout návody, což mne utvrdilo v tom, že jsou pochopitelné a experimenty díky nim proveditelné.

Rozhovory poukázaly na užitečnost organizování dalších vzdělávacích akcí pro učitele. Vzhledem k omezeným časovým možnostem učitelé velmi vítají představení pro ně nových experimentů, u kterých je ověřena funkčnost, mohou si je vlastnoručně vyzkoušet a případně s vedením semináře probrat úskalí experimentu. Mohou tak následně zpestřit své hodiny chemie, inspirovat se tématy pro laboratorní cvičení či projektovou výuku.

Od příštího školního roku 2014/2015 v zimním semestru budou experimenty použity v nově vypsáném předmětu pro učitelské obory „Přírodní látky v experimentech“ (MC280C15, rozsah: 3 vyučovací hodiny, laboratorní cvičení). V rámci tohoto předmětu si studenti učitelství budou moci mnou navržené experimenty vyzkoušet. A tak lze doufat, že je využijí v budoucnu ve svých učitelských praxích.

## 10.5 DISKUSE KE SBÍRCE S NÁVODY NA EXPERIMENTY

---

Výsledné návody na experimenty byly modifikovány za účelem použití do škol - byly zjednodušeny postupy, aby trvaly kratší dobu a přitom vedly k úspěšnému výsledku. Do sbírky byly přidány i experimenty z mé diplomové práce. U většiny experimentů byly modifikovány chemikálie, z důvodu dostupnosti na školách a přístupnosti pro učitele a žáky. Aby byla sbírka pro učitele přínosná, byly doplněny atraktivní informace k přírodním látkám a technice. Všechny fotografie ve sbírce byly pořízeny mnou při experimentování v laboratoři KUDCh PřF UK v Praze.

## 10.6 DISKUSE K PROJEKTŮM

---

Během doktorského studia se podařilo zařadit navrhované experimenty i do projektové výuky, dva projekty jsem ověřila (kapitola 8.1 a příloha na CD) a jeden projekt jsem navrhla (kapitola 8.2), je připraven na ověření. Příprava projektů a jejich uskutečnění je časově náročný úkol pro učitele (obzvláště, když je do projektu zapojeno více tříd a také vyučující dalších předmětů). Proto jsou zde předloženy návrhy, které mohou zájemcům poskytnout inspiraci, a vyzkoušené nápady.

Projekt „Čím si myješ ruce“ (viz příloha na CD) je zaměřen na mýdla a tematicky patří k triacylglycerolům, má spojitost s tuky a obdobnými triacylglyceroly - lze proto zařadit i experiment „Izolace trimyristinu“ (kapitola 5.5.9.1).

Navrhované experimenty by šly zařadit i do jiných projektů, záleží na fantazii učitele, napadají mě např. Přírodní vůně, Poznávej přírodu pěti smysly, Kontrola kvality potravin, Tajemství kuchyně atd.

## 10.7 DISKUSE K EXKURZI

---

Navržené exkurze byly uskutečněny jak s žáky SŠ, tak s účastníky kurzu U3V. Vždy se setkaly s kladnou zpětnou odezvou. Během exkurze nebyly viděny přímo experimenty s přírodními látkami, ale byly popsány izolace přírodních látek z živočichů (kapitola 9.1) a význam přírodních látek v potravinářských výrobcích

(kapitola 9.2). Pro účastníky exkurzí je určitě motivační a zajímavé vidět odborné pracoviště, o kterém slýchají ve sdělovacích prostředcích (ÚOCHB AV ČR).

## 11 ZÁVĚR

---

Předem dané cíle byly splněny.

- ✓ Byla provedena literární rešerše z 8 nejpoužívanějších učebnic chemie pro SŠ, 19 akademických prací obhájených na KUDCh PřF UK v Praze z let 2002-2013, 4 vybraných českých a zahraničních časopisů a dalších 8 vybraných publikací.
- ✓ Hlavního dotazníkového šetření se zúčastnilo celkem 57 škol, přičemž osloveno bylo 102, návratnost dotazníků činí tedy (56 %). Dílčích 2 dotazníkových šetření se zúčastnilo celkem 28 učitelů z oslovených 31, což je 90% dotazníková návratnost (100 % v prvním a 83 % v druhém semináři).
- ✓ Bylo navrženo celkem 18 experimentů, které jsou tematicky rozděleny do 9 celků.
- ✓ Vybrané experimenty byly využity na 4 vzdělávacích akcích - v rámci Projektu 5P+, na Chemickém víkendu 2 - Dary přírody, na Letním táboře s přírodovědci a v rámci kurzu U3V.
- ✓ Na vzdělávacích a popularizačních akcích, které jsem vedla já nebo kolegové z PřF UK v Praze, se experimenty setkaly s kladnou zpětnou vazbou.
- ✓ Do připravené sbírky bylo zařazeno 25 návodů na experimenty.

Kromě těchto splněných cílů byly připraveny 3 návrhy na projektovou výuku, kde se vyskytují experimenty s přírodními látkami, z nichž dva projekty jsem ověřila na Gymnáziu v Praze 9.

V poslední části disertační práce jsou 2 návrhy na exkurze s tematikou k přírodním látkám. Obě již byly realizovány s žáky vyššího gymnázia a s účastníky kurzu U3V.

Věřím, že tato disertační práce bude přínosem pro zájemce o nové informace nejen v oblasti experimentů s přírodními látkami. Toto téma poskytuje spoustu možností k bádání, proto doufám, že se najdou další nadšenci, kteří přidají nové návody na experimenty, aby mohli motivovat učitele a jejich studenty.

## 12 LITERATURA

---

1. HALBYCH, J., ČTRNÁCTOVÁ, H.: *Didaktika a technika chemických pokusů*. UK Praha: Karolinum, 2006. ISBN 80-7066-700-1.
2. PRŮCHA J., WALTEROVÁ, E., MAREŠ, J.: *Pedagogický slovník*. 6. vyd. Praha: Portál, 2009, 395 s. ISBN 978-80-7367-647-6.
3. KOLKOVÁ, J.: *Aktivizační metody a formy ve výuce přírodovědných předmětů*. Praha, 2012. Disertační práce. Univerzita Karlova v Praze.
4. ŠULCOVÁ, R., PISKOVÁ, D. a kol.: *Přírodovědné projekty pro gymnázia a střední školy*. UK v Praze, PŘF. Praha: 2008. 120 s. ISBN 978-80-86561-66-0.
5. RUSEK, M., KÖHLEROVÁ, V.: *Projektové vyučování v chemii a souvisejících oborech*. Praha: UK PedF, 2012, ISBN 978-80-7290-291-0.
6. PAPÁČEK, M.: Didaktika biologie v České republice 2010 a badatelsky orientované vyučování. In: *DiBi 2010*. Sborník příspěvků semináře, Jihočeská univerzita, České Budějovice. 2010, ISBN 978-80-7394-210-6.
7. CIBL: *How much sugar is in gubble gum* [on-line], poslední aktualizace 2012, [cit 2012-04-11]. Dostupné z URL: <<http://www.ciblearning.org/pdf/Exercise.HowMuchSugarIsInBubbleGum.pdf>>.
8. UPJŠ: *Bádatelská metoda vo výučbe chémie* [on-line], poslední aktualizace 2013, [cit 2013-03-22]. Dostupné z URL: <[http://www.statpedu.sk/files/documents/vzdelavacie\\_aktivity/inovativne/04\\_ibse\\_chemia.pdf](http://www.statpedu.sk/files/documents/vzdelavacie_aktivity/inovativne/04_ibse_chemia.pdf)>.
9. BÍLEK, M.: Virtualizace ve všeobecném chemickém vzdělávání: Příležitosti a rizika. In: *Biologie-Chemie-Zeměpis*. 3x/2011, roč. 20, s. 193-197.
10. HRUBÝ, J., BÍLEK, M.: Flashové animace a simulace jako podpůrný nástroj školního chemického experimentu na základní škole. In: *Biologie-Chemie-Zeměpis*. 3x/2011, roč. 20, s. 193-197.
11. ŠULCOVÁ, R., BÖHMOVÁ, H.: *Netradiční experimenty z organické a praktické chemie*. UK v Praze, PŘF. Praha: 2007. 108 s. ISBN 978-80-86561-81-3.
12. SOLÁROVÁ, M.: *Domácí chemické pokusy (soubor pracovních listů)*. PŘF UP v Olomouci: 2011.
13. CENIA: *Zákon o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon)* [on-line], poslední aktualizace 2012, [cit 2012-04-11]. Dostupné z URL: <[http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/CENMSFV31CM3/\\$FILE/350-11%20-%20chemick%C3%BD.pdf](http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/CENMSFV31CM3/$FILE/350-11%20-%20chemick%C3%BD.pdf)>.
14. HORÁK, J.: Nový systém výstražných vět k označování rizikových vlastností chemických látek. In: *Chemické listy*. 2013, roč. 107, s. 563-600.
15. RICHTER, V., KRAITR, M., ŠTROFOVÁ, J.: Atraktivita jako významný prvek reálného chemického experimentu. In: *Biologie, chemie, zeměpis*. 3x/2011, roč. 20, s. 193-197.

16. POLÍVKOVÁ, M., HYBELBAUEROVÁ, S.: Alternativní metody k atraktivizaci chemického experimentu na SŠ. In: *Alternativní metody výuky*. UK v Praze, 2011.
17. POLÍVKOVÁ, M.: Netradiční kroužek. In: *Listy Prahy*. 6/2011, roč. 14, s. 29.
18. ČTRNÁCTOVÁ, H.: *Chemické pokusy: pro školu a zájmovou činnost*. 1. vyd. Praha: Prospektrum, 2000, 295 s. ISBN 80-7175-057-3.
19. GANAJOVÁ, M.: *Chemické experimenty s vybranými produkty z obchodu*. Košice: Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach, 2005. ISBN 80-7097-611-X.
20. ŠULCOVÁ, R., BÖHMOVÁ, H., STRATILOVÁ URVÁLKOVÁ, E.: *Zajímavé experimenty z chemie kolem nás*. Praha: UK v Praze, PŘF, 2009, 48 s. ISBN 978-8086561-43-1.
21. VODRÁŽKA, Z.: *Biochemie pro studenty středních škol a všechny, které láká tajemství živé přírody*. 1. vyd. Praha: Scientia, 1998, 161 s. ISBN 80-7183-083-6.
22. STRYER, L.: *Biochemistry*. San Francisco: W.H. Freeman, 1975, VIII-XII, 877 s. ISBN 0-7167-0174-x.
23. BLÁHA, K.: *Chemie přírodních látek*. Praha: Ústav makromolekulární chemie, 1982.
24. STONE, T., DARLINGTON, G.: *Léky, drogy, jedy*. Praha: Academia, 2003, 440 s. ISBN 80-200-1065-3.
25. ÚOCHB AV ČR: *Chemie přírodních látek* [on-line], poslední aktualizace 2013, [cit 2013-11-13]. Dostupné z URL: <http://www.uochb.cz/web/structure/951.html?lang=cz>.
26. JAHODÁŘ, L.: *Farmakobotanika*. Praha: Karolinum, 2006. ISBN 80-246-1225-9.
27. KLOUDA, P.: *Základy biochemie*. Ostrava: Nakl. Pavel Klouda, 2000. ISBN 80-86369-00-5.
28. HUVAROVÁ, M.: *Nejpoužívanější středoškolské učebnice chemie na gymnáziích*. Olomouc, 2010. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci.
29. MAREČEK, A., HONZA, J.: *Chemie pro čtyřletá gymnázia*. 3. díl. Olomouc, 2000. ISBN 80-7182-057-1.
30. VACÍK, J.: *Přehled středoškolské chemie*. Praha: SPN, 1995. ISBN 80-85937-08-5.
31. BENEŠOVÁ, M., SATRAPOVÁ, H.: *Odmaturuj z chemie*. Brno: Didaktis, 2002. ISBN 80-86285-56-1.
32. KOLÁŘ, K. a kol.: *Chemie organická a biochemie pro gymnázia*. Praha: SPN, 1997. ISBN 80-85937-49-2.
33. KOTLÍK, B., RŮŽIČKOVÁ, K.: *Chemie v kostce II*. Praha: Fragment, 2009.
34. BANÝR, J. a kol.: *Chemie pro střední školy*. Praha: SPN, 1995. ISBN 80-85937-46-8.
35. ČÁRSKÝ, J. a kol.: *Chemie pro 3. ročník gymnázií*. Praha: SPN, 1986. ISBN 80-7169-855-5.

36. EISNER, W., AMANN, W. a kol.: *Chemie pro střední školy 2b*. Scientia, 2000. ISBN 80-7183-079-8.
37. DUNDR, M., KLÍMOVÁ, H.: *Znáte přírodní látky a biochemii? Pracovní sešit pro studenty všech typů středních škol*. 1. vyd. Praha: Prospektrum, 2001, 60 s. ISBN 80-7175-003-4.
38. SEZEMSKÁ, K.: *Vybrané laboratorní úlohy z toxikologie pro výuku na SŠ*. Praha, 2013. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze.
39. ŠACHOVÁ, A.: *Tuky a mýdla v učivu gymnázia: projektové vyučování*. Praha, 2002. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze.
40. TUČANOVÁ, J.: *Přírodní látky a naše tělo v učivu gymnázia: projektové vyučování*. Praha, 2003. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze.
41. NÝVLTOVÁ, E.: *Kuchyňská mikrovlnná trouba ve školní chemické laboratoři*. Praha, 2004. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze.
42. PISOVÁ, D.: *Vonné látky a potravinářské přísady: (aktivizující metody výuky)*. Praha, 2005. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze.
43. CHALUPOVÁ, M.: *Projekt na téma "Barviva všude kolem nás"*. Praha, 2005. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze.
44. BÖHMOVÁ, H.: *Kurs praktické alchymie: (distanční vzdělávací kurz chemie)*. Praha, 2006. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze.
45. STEINBAUEROVÁ, A.: *Sacharidy ve středoškolském vzdělávání*. Praha, 2009. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze.
46. KUČEROVÁ, O.: *Enzymy, vitaminy a hormony ve středoškolském vzdělávání*. Praha, 2009. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze.
47. VOBORSKÁ, D.: *Obecná chemie na středních školách v experimentálních úlohách*. Praha, 2010. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze.
48. VOZKA, J.: *Chemické experimenty ve středoškolské výuce*. Praha, 2010. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze.
49. FRIEDELLOVÁ, Z.: *Léčiva ve středoškolské výuce*. Praha, 2010. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze.
50. HROBAŘOVÁ, E.: *Pomůcky pro aktivní chemické vzdělávání - experimentální a praktická chemie s potravinami*. Praha, 2011. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze.
51. ŠEDIVÁ, R.: *Vzdělávací projekt Sacharidy Projektová výuka v chemii na gymnáziu*. Praha, 2012. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze.
52. HEGROVÁ, Z.: *Chemické experimenty pro ekoškoly*. Praha, 2013. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze.
53. KRIŠTŮFKOVÁ, R.: *Organická chemie v experimentech*. Praha, 213. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze.
54. MOKREJŠOVÁ, O.: *Praktická a experimentální výuka v kontextu současného chemického vzdělávání*. Praha, 2008. Disertační práce. Univerzita Karlova v Praze.

55. KOLOROS, P.: *Školní pokus ve výuce chemie-minulost a současnost*. Praha, 2011. Disertační práce. Univerzita Karlova v Praze.
56. SOUČKOVÁ, D.: *Analytická chemie na gymnáziu*. Praha, 2012. Rigorózní práce. Univerzita Karlova v Praze.
57. MYČKA, K., NÁDVORNÍKOVÁ, I.: Kolem kávy - z botaniky, chemie i zeměpisu. In: *Biologie, chemie, zeměpis*. 4/ 2007, roč. 16, s. 182-185.
58. POLÍVKOVÁ, M., HYBELBAUEROVÁ, S.: Experimenty na SŠ zaměřené na chromatografii - přírodní látky. In: *Biologie, chemie, zeměpis*. 3x/2011, roč. 20, s. 188-192.
59. ČOPÍKOVÁ, J., MORAVCOVÁ, J., LAPČÍK, O., OPLETAL, L., DRAŠAR, P.: Přírodní látky a jejich deriváty chuti chladivé. In: *Chemické listy*. 2011, roč. 105, s. 938 - 942.
60. DVOŘÁKOVÁ, M., VALTEROVÁ, I., VANĚK, T.: Monoterpeny v rostlinách. In: *Chemické listy*. 2011, roč. 105, s. 839-845.
61. HOLADA, K., BENEŠ, P., LIŠKA, F.: Zhudebněné pokusy ve výuce chemie. In: *Chemické listy*. 2011, roč. 105, s. 55-59.
62. OPLETAL, L., WIMMER, Z., ČOPÍKOVÁ, J., LAPČÍK, O., MORAVCOVÁ, J., CAHLÍKOVÁ, L., DRAŠAR, P.: Slaná chuť přírodních látek a jejich derivátů. In: *Chemické listy*. 2011, roč. 105, s. 761-765.
63. LAPČÍK, O., PLETAL, L., MORAVCOVÁ, J., ČOPÍKOVÁ, J., DRAŠAR, P.: Přírodní látky a jejich deriváty chuti pálivé. In: *Chemické listy*. 2011, roč. 105, s. 452-457.
64. BAKER, C.: The dehydration of sucrose. In: *Education in chemistry* [online]. 2007, roč. 44, s. 2. [cit. 2013-01-25]. Dostupné z URL: <<http://www.rsc.org/Education/EiC/issues/2007March/ExhibitionChemistry.asp>>.
65. BAKER, C.: The "blue bottle" reaction. In: *Education in chemistry* [online]. 2006, roč. 43, s. 6. [cit. 2013-09-09]. Dostupné z URL: <<http://www.rsc.org/Education/EiC/issues/2006Nov/Exhibitionchemistry.asp>>.
66. ANGELIN, M., RAMSTRÖM, O.: Making a chemical rainbow. In: *JCE*. 2010, roč. 87, s. 504-506.
67. TABER, D. F., LI, R., ANSON, C. M.: Isolation of cholesterol from an Egg Yolk. In: *JCE*. 2011, roč. 88, s. 1580-1581.
68. WALSH, E. L., ASHE, S., WALSH, J. J.: Nature's migraine treatment: Isolation and structure elucidation of parthenolide from Tanacetum parthenium. In: *JCE*. 2012, roč. 89, s. 134-137.
69. Rámcový vzdělávací program pro gymnázia. Praha: VÚP [online], 2007. [cit. 2012-10-01]. ISBN 978-80-87000-11-3. Dostupné z URL: <[http://vuppraha.cz/wp-content/uploads/2009/12/RVPG-2007-07\\_final.pdf](http://vuppraha.cz/wp-content/uploads/2009/12/RVPG-2007-07_final.pdf)>.
70. GAVORA, P.: *Úvod do pedagogického výzkumu*. Brno: Paido, 2000. ISBN 80-85931-79-6.



71. OPATOVÁ, M., HYBELBAUEROVÁ, S.: Experimenty s přírodními látkami v chemickém vzdělávání na SŠ – názory středoškolských učitelů. In: *Scientia in education*. UK v Praze. 2013, roč. 4(2), s 52-64. ISSN 1804-7106.
72. TEPLÁ, M., KLÍMOVÁ, H.: Obsah učiva biochemie a používání počítačové technologie na středních školách v ČR - výsledky dotazníkového šetření. In: *Media 4U Magazine*. [online]. X3/2011. [cit. 2012-10-01]. ISSN 1214-9187. Dostupné z URL: <<http://www.media4u.cz/mmx32011.pdf>>.
73. BŮHMOVÁ, H.: *Vzdělávání žáků v chemii prostřednictvím, jednoduchých experimentů s přírodními látkami: podpora empirických poznávacích postupů a rozvoj souvisejících kompetencí*. Praha, 2009. Disertační práce. Univerzita Karlova v Praze.
74. PALEČKOVÁ, J. a kol.: *Hlavní zjištění výsledků PISA 2006. Poradí si žáci s přírodními vědami?* Praha: Ústav pro informace ve vzdělávání, 2007. ISBN 978-80-211-0541-6.
75. TOMÁŠEK, V. a kol.: *Výzkum TIMSS 2007. Obstojí čeští žáci v mezinárodní konkurenci?* Praha: Ústav pro informace ve vzdělávání, 2008. ISBN 978-80-211-0565-2.
76. ČÍŽKOVÁ, V., ČTRNÁCTOVÁ, H., DVOŘÁK, L., ROBOVÁ, J., ŘEZNÍČKOVÁ, D., SVOBODA, E., URBANOVÁ, K., ZÁKOSTELNÁ, B., TEPLÁ, M.: *Přírodní vědy a matematika na středních školách počátkem 21. století*. Příručka projektu OPPA, P3K s.r.o., Praha, 2012.
77. KVÍČALA, J.: *Laboratorní technika organické chemie*. Praha: VŠCHT, 1998. ISBN 80-7080-322-3.
78. OPATOVÁ, M., HYBELBAUEROVÁ, S.: Krystaly organických látek v chemickém vzdělávání. In: *Aktuálne trendy ve vyučovaní prírodných vied*. Slovensko Smolenice, 2012. ISBN 978-80-8082-541-6.
79. ChemickéPokusy.cz: *Krystalizace*. [online]. poslední aktualizace 2012, [cit. 2012-08-20]. Dostupné z URL: <<http://www.chemickepokusy.cz/krystalizace.php>>.
80. PACÁK, J., ČIPERA J.: *Chemie pro II. ročník gymnázií*. 1. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1985. 214 s. ISBN 64-00-42-1.
81. Emulgatory: *E330* [online]. poslední aktualizace 2013, [cit. 2013-07-11]. Dostupné z URL: <<http://www.emulgatory.cz/seznam-ecek?prisada=E330>>.
82. Emulgatory: *E296* [online]. poslední aktualizace 2013, [cit. 2013-07-11]. Dostupné z URL: <<http://www.emulgatory.cz/seznam-ecek?prisada=E296>>.
83. Emulgatory: *E334* [online]. poslední aktualizace 2013, [cit. 2013-07-11]. Dostupné z URL: <<http://www.emulgatory.cz/seznam-ecek?prisada=E334>>.
84. Wikipedia: *Tartaric acid* [online]. poslední aktualizace 2013, [cit. 2013-07-11]. Dostupné z URL: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Tartaric\\_acid](https://en.wikipedia.org/wiki/Tartaric_acid)>.
85. Wikipedia: *Calcium citrate* [online]. poslední aktualizace 2013, [cit. 2013-07-11]. Dostupné z URL: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Calcium\\_citrate](https://en.wikipedia.org/wiki/Calcium_citrate)>.
86. GUIDOIN, M. F., YANG, J., PICHETTE, A., ROY, Ch.: Betulin isolation from birch bark by vacuum and atmospheric sublimation. A thermogravimetric study. In: *Termochim. Acta*. 2003, roč. 398, s. 153 – 166.

87. SHRIVASTAVA, P., VAIBHAV, K., TABASSUM, R., KHAN, A., ISHRAT, T., KHAN, M. M., AHMAD, A., ISLAM, F., SAFHI, M. M., ISLAM, F.: Anti-apoptotic and anti-inflammatory effect of piperine on 6-OHDA induced parkinson's rat model. In: *J. Nutri. Bioch.* 2013, roč. 24, s. 680-687.
88. EPSTEIN, W. W., NETZ, D. F., SEIDEL, J. L.: Isolation of piperine from black pepper. In: *J. Chem. Educ.* 1993, roč. 70 (7), s. 598-599.
89. Wikipedia: *Schinus molle* [online]. poslední aktualizace 2014, [cit. 2014-02-22]. Dostupné z URL: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Schinus\\_molle](https://en.wikipedia.org/wiki/Schinus_molle)>.
90. Wikipedia: *Piperine* [online]. poslední aktualizace 2014, [cit. 2014-02-22]. Dostupné z URL: <<https://en.wikipedia.org/wiki/Piperine>>.
91. XU H., YU, X., QU, S., SUI, D.: Juglone, isolated from *Juglans mandshurica* Maxim, induces apoptosis via down-regulation of AR expression in human prostate cancer LNCaP cells. In: *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 2013, roč. 23, s. 3631-3634.
92. Wikipedia: *Juglone* [online]. poslední aktualizace 2014, [cit. 2014-02-22]. Dostupné z URL: <<https://en.wikipedia.org/wiki/Juglone>>.
93. TOLSTIKOV, G. A., FLEKHTER, O. B., SHULTZ, E. E., BALTINA, L. A., TOLSTIKOV, A. G.: Betulin and its derivatives. Chemistry and Biological activity. In: *Chemistry for Sustainable Development*. 2005, roč. 13, s. 1-29.
94. HOFFMAN, P. G., SALB, M.: Isolation and stable isotope ratio analysis of vanillin. In: *J. Agric. Food Chem.* 1979, roč. 27(2), s. 352 – 355.
95. PRIEFERT, H., RABENHORST, J., STEINBÜCHEL, A.: Biotechnological production of vanillin. In: *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2001, roč. 56, s. 296-314.
96. GERASIMOV, A. V., GORNOVA, N. V., RUDOMETOVA, N. V.: Determination of vanillin and ethylvanillin in vanilla flavorings by planar (thin-layer) chromatography. In: *J. Anal. Chem.* 2003, roč. 58 (7), s. 677 – 684.
97. OLBERT-MAJKUT, A., WIERZEJEWSKA, M: Conformational study of eugenol by density functional theory method and matrix-isolation infrared spectroscopy. In: *J. Phys. Chem. A*. 2008, roč. 112, s. 5691 – 5699.
98. Wikipedia: *Eugenol* [online]. poslední aktualizace 2014, [cit. 2014-02-22]. Dostupné z URL: <<https://en.wikipedia.org/wiki/Eugenol>>.
99. BEENA, KUMAR, D., RAWAT, D. S.: Synthesis and antioxidant activity of thymol and carvacrol based schiff bases. In: *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 2013, roč. 23, s. 641 – 645.
100. Wikipedia: *Thymol* [online]. poslední aktualizace 2014, [cit. 2014-02-22]. Dostupné z URL: <<https://en.wikipedia.org/wiki/Thymol>>.
101. MURRAY, R. K., GRANNER, D. K., MAYES, P. A., RODWELL, V. W.: *Harperova biochemie*. Nakladatelství H+H. Jinočany, 2002. ISBN: 80-7319-013-3.
102. MCMURRY, J.: *Organická chemie*. Brno: VUT v Brně, VUTIUM. 2007. ISBN: 978-80-214-3291-8.
103. POLÍVKOVÁ, M.: *Chemické experimenty pro SŠ - chromatografie s přírodními látkami*. Praha, 2010. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze.
104. POLÍVKOVÁ, M.: Po záhadných stopách mentholu. In: *Projektové vyučování v chemii a souvisejících oborech*. PedF UK Praha, 2011. ISBN 978-80-7290-537-9.

105. POLÍVKOVÁ, M.: Čím si myješ ruce? In: *Projektové vyučování v chemii a souvisejících oborech*. UK PedF Praha, 2012. ISBN 978-80-7290-591-1.
106. StudiumChemie.cz: *Chemikova zahrádka* [online]. poslední aktualizace 2012, [cit. 2012-06-02]. Dostupné z URL: <<http://www.studiumchemie.cz/pokus.php?id=22>>.
107. Wiley-VCH: *Menthol* [online]. poslední aktualizace 2014, [cit. 2014-06-30]. Dostupné z URL: <[http://www.wiley-vch.de/contents/jc\\_2046/2008/o200700966\\_s.pdf](http://www.wiley-vch.de/contents/jc_2046/2008/o200700966_s.pdf)>.
108. Bioline International: *Betulin* [online]. poslední aktualizace 2014, [cit. 2014-06-30]. Dostupné z URL: <<http://www.bioline.org.br/pdf/pr12032>>.
109. SDBS: *Eugenol* [online]. poslední aktualizace 2014, [cit. 2014-06-30]. Dostupné z URL: <[http://sdb.sdb.aist.go.jp/sdb/cgi-bin/direct\\_frame\\_top.cgi](http://sdb.sdb.aist.go.jp/sdb/cgi-bin/direct_frame_top.cgi)>.
110. Publishing Journals, books and databases: *Juglon 1H* [online]. poslední aktualizace 2014, [cit. 2014-06-30]. Dostupné z URL: <<http://pubs.rsc.org/en/Content/ArticlePDF/2009/GC/b816676e>>.
111. SDBS: *Juglon* [online]. poslední aktualizace 2014, [cit. 2014-06-30]. Dostupné z URL: <[http://sdb.sdb.aist.go.jp/sdb/cgi-bin/direct\\_frame\\_top.cgi](http://sdb.sdb.aist.go.jp/sdb/cgi-bin/direct_frame_top.cgi)>.
112. Kriemhild UFT UNI Bremen: *Piperine* [online]. poslední aktualizace 2014, [cit. 2014-06-30]. Dostupné z URL: <[http://kriemhild.uft.uni-bremen.de/nop/en/instructions/pdf/1022\\_en.pdf](http://kriemhild.uft.uni-bremen.de/nop/en/instructions/pdf/1022_en.pdf)>.
113. SDBS: *Vanilin* [online]. poslední aktualizace 2014, [cit. 2014-06-30]. Dostupné z URL: <[http://sdb.sdb.aist.go.jp/sdb/cgi-bin/direct\\_frame\\_top.cgi](http://sdb.sdb.aist.go.jp/sdb/cgi-bin/direct_frame_top.cgi)>.
114. SDBS: *Ethylvanilin* [online]. poslední aktualizace 2014, [cit. 2014-06-30]. Dostupné z URL: <[http://sdb.sdb.aist.go.jp/sdb/cgi-bin/direct\\_frame\\_top.cgi](http://sdb.sdb.aist.go.jp/sdb/cgi-bin/direct_frame_top.cgi)>.
115. Hokkaido University: *Thymol* [online]. poslední aktualizace 2014, [cit. 2014-06-30]. Dostupné z URL: <<http://www.agr.hokudai.ac.jp/ms-nmr/assign/thymol.htm>>.
116. Thakshana e:library: *Trimyristin* [online]. poslední aktualizace 2014, [cit. 2014-06-30]. Dostupné z URL: <[http://thakshana.nsf.ac.lk/pdf/JNSF1-25/JNSF22\\_3/JNSF22\\_3\\_301.pdf](http://thakshana.nsf.ac.lk/pdf/JNSF1-25/JNSF22_3/JNSF22_3_301.pdf)>.
117. Dům RVP: *Proč ovoce voní?* [online]. poslední aktualizace 2011 [cit. 2011-05-15]. Dostupné z URL: <[http://dum.rvp.cz/materialy/stahnout/aidfncrm/Proc\\_ovoce\\_voni.ppt](http://dum.rvp.cz/materialy/stahnout/aidfncrm/Proc_ovoce_voni.ppt)>.
118. Wikipedia: *Ethylbenzoate* [online]. poslední aktualizace 2012 [cit. 2012-05-15]. Dostupné z URL: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Ethyl\\_benzoate](https://en.wikipedia.org/wiki/Ethyl_benzoate)>.
119. VOHLÍDAL, J., JULÁK, A., ŠTULÍK, K.: *Chemické a analytické tabulky*. Praha: GRADA, 1999. ISBN 80-7169-855-5.
120. VEČEŘA, M., GASPARIČ, J., CHURÁČEK, J., BORECKÝ, J.: *Chemické tabulky organických sloučenin*. Praha: SNTL, 1975.

121. Pramálo vanilky v předraženém cukru. In: *dTest*. 2014, roč. 4, s. 16-21.
122. Scribd: Extraction of Eugenol from Cloves [online]. poslední aktualizace 2013 [cit. 2013-05-25]. Dostupné z URL: <<http://www.scribd.com/doc/98170637/Extraction-of-Eugenol-From-Cloves>>.

## ZDROJE OBRÁZKŮ

---

[CIT. 2014-04-20]

- [1][HTTP://WWW.TECHMAGAZIN.CZ/495](http://www.techmagazin.cz/495)
- [2][HTTP://ARL.UHK.CZ/ARL-HK/CS/DETAIL-HK\\_US\\_CAT-M0297791-CHEMICKE-POKUSY-PRO-SKOLU-A-ZAJMOVOU-CINNOST/](http://arl.uhk.cz/arl-hk/cs/detail-hk_us_cat-m0297791-chemicke-pokusy-pro-skolu-a-zajmovou-cinnost/)
- [3][HTTP://RENA.SULCOVA.SWEB.CZ/](http://rena.sulcova.sweb.cz/)
- [4][HTTP://WWW.PORTARO.CZ:8080/DOKUMENT/171901](http://www.portaro.cz:8080/dokument/171901)
- [5][HTTP://WWW.ZBOZI.CZ/VYROBEK/CHEMIE-PRO-CTYRLETA-GYMNAZIA-3-DIL-ALES-MARECEK-JAROSLAV-HONZA/](http://www.zbozi.cz/vyrobek/chemie-pro-ctyrleta-gymnazia-3-dil-ales-marecek-jaroslav-honza/)
- [6][HTTP://WWW.BURZAUCEBNIC.NET/UCEBNICE/161265-PREHLED-STREDOSKOLSKE-CHEMIE](http://www.burzaucebnic.net/ucebnice/161265-prehled-stredoskolske-chemie)
- [7][HTTP://WWW.BUX.CZ/KNIHY/22498-ODMATURUJ-Z-CHEMIE.HTML](http://www.bux.cz/knihy/22498-odmaturuj-z-chemie.html)
- [8][HTTP://WWW.UCEBNICE.COM/CHEMIE-2-ORGANICKA-A-BIOCHEMIE-PRO-GYMNAZIA](http://www.ucebnice.com/chemie-2-organicka-a-biochemie-pro-gymnazia)
- [9][HTTP://UCEBNICE-STUDIUM.HYPERINZERCE.CZ/SS-UCEBNICE-CHEMIE/INZERAT/3933937-CHEMIE-II-V-KOSTCE-PRO-STREDNI-SKOLY-NABIDKA/](http://ucebnice-studium.hyperinzerce.cz/ss-ucebnice-chemie/inzerat/3933937-chemie-ii-v-kostce-pro-stredni-skoly-nabidka/)
- [10][HTTP://WWW.UCEBNICEMAPY.CZ/CHEMIE-PRO-SS.P.ASPX](http://www.ucebnicemapy.cz/chemie-pro-ss.p.aspx)
- [11][HTTP://WWW.ANTIKVARIATPERLA.CZ/OBRAZKY/K1469/K1469\\_1MIN.JPG](http://www.antikvariatperla.cz/obrazky/k1469/k1469_1min.jpg)
- [12][HTTP://WWW.DUMKNIHY.CZ/CHEMIE-PRO-STREDNI-SKOLY-2B](http://www.dumknihy.cz/chemie-pro-stredni-skoly-2b)
- [13][HTTP://UCEBNICE.HEUREKA.CZ/ZNATE-PRIRODNI-LATKY-A-BIOCHEMII/GALERIE/](http://ucebnice.heureka.cz/znate-prirodni-latky-a-biochemii/galerie/)
- [14][HTTP://WWW.GATE2BIOTECH.CZ/CHEMICKE-LISTY-CHEMICAL-P/](http://www.gate2biotech.cz/chemicke-listy-chemical-p/)
- [15][HTTP://JOHNEMSLEY.COM/ARTICLES/EDUCATION\\_CHEMISTRY.HTML](http://johnemsley.com/articles/education_chemistry.html)
- [16][HTTP://WWW.NISMED.UPD.EDU.PH/RESEARCH/](http://www.nismed.upd.edu.ph/research/)

## 13 PŘÍLOHY

---

### **Seznam příloh v disertační práci:**

Příloha 1: Ukázka dotazníku pro učitele

Příloha 2: Školy zapojené do dotazníkového šetření

Příloha 3: Ukázka dotazníků na seminářích 5P+

Příloha 4: Ukázka vyplněného dotazníku

Příloha 5: Používané chemikálie

Příloha 6: Používané pomůcky

Příloha 7: NMR spektra ( $^1\text{H}$  a  $^{13}\text{C}$ )

Betulin

Eugenol

Juglon

Menthol

Piperin

Ethylvanilin (Stilla dolce)

Thymol

Trimyristin

Vanilin (RUF)

### **Seznam příloh na CD:**

- Vyplněné odpovědi z dotazníkových šetření
- Publikace
- Postery
- Projekt „Čím si myješ ruce“
- Materiály k seminářům v rámci projektu 5P+
- Materiál k exkurzi do Čokoládového domu
- Sbírka

## PŘÍLOHA 1: UKÁZKA DOTAZNÍKU PRO UČITELE

---

Dotazník - zjišťování informací pro disertační práci

Mgr. Michala Polívková, PřF UK Praha

Vážené kolegyně/ Vážení kolegové, chtěla bych Vás poprosit o vyplnění krátkého dotazníku (10 otázek) na téma „Experimenty s přírodními látkami“. Stačí zakroužkovat jednu možnost či odpovědět podle svého názoru. V případě zájmu o návody na laboratorní cvičení s přírodními látkami se na mne obraťte: [michala.polivkova@gmail.com](mailto:michala.polivkova@gmail.com)

1. Jakou dotaci hodin má předmět chemie na Vaší škole (vyšší gymnázium)?

a) 2 hodiny týdně (1. - 4. ročník)

b) 2 hodiny týdně (1. - 3. ročník)

c) jiná možnost:

2. Jak často mají žáci laboratorní cvičení z chemie na Vaší škole (vyšší gymnázium)?

a) 2 hodiny za 1 pololetí

b) více jak 3 hodiny za 1 pololetí

c) nikdy

d) jiná možnost:

3. Kdy si mohou sami žáci vyzkoušet chemické experimenty?

a) pouze v hodinách laboratorního cvičení z chemie

b) pouze v běžných hodinách chemie

c) v běžných hodinách chemie i během laboratorního cvičení

d) jiná možnost:

4. Ukazujete Vy experimenty při výuce chemie?

- a) Ano, v rámci laboratorního cvičení a při běžné hodině chemie
- b) Ano, ale jen v rámci laboratorního cvičení
- c) Ano, ale jen v běžné hodině chemie
- d) Ne
- e) jiná možnost:

5. Jaké experimenty s přírodními látkami využíváte ve výuce chemie? (můžete více možností)

- |                            |               |
|----------------------------|---------------|
| a) se sacharidy            | e) s barvivy  |
| b) s proteiny              | f) s vůněmi   |
| c) s lipidy                | g) s vitaminy |
| d) s nukleovými kyselinami | h) jiné:      |

6. Podle čeho vybíráte experimenty do výuky?

- a) z učebnic
- b) z vysokoškolských poznámek
- c) z médií, časopisů,..
- d) jiné:

7. Využíváte při experimentech běžný materiál např. potraviny, nápoje, drogistické zboží?

- a) ano
- b) ne, protože provádím jiné experimenty
- c) ne, protože neznám experimenty s tímto materiálem

8. Využíváte chromatografii při experimentech s přírodními látkami?

a) ano

b) ne, protože provádím jiné experimenty

c) ne, protože neznám tuto metodu

9. Uvítali byste sbírku experimentů s přírodními látkami a materiálem z domácnosti?  
(s návody na laboratorní cvičení a jejich řešením)

a) ano

b) ne

10. Uveďte, prosím, jaké experimenty s přírodními látkami provádíte v hodinách chemie  
(stačí názvy):

Název střední školy (gymnázia): .....

Vaše připomínky k dotazníku:.....

.....

Děkuji za vyplnění

Michala Polívková



## PŘÍLOHA 2: ŠKOLY ZAPOJENÉ DO HLAVNÍHO DOTAZNÍKOVÉHO ŠETŘENÍ

---

### **Střední školy z Prahy:**

Gymnázium Horní Počernice  
Gymnázium Jižní město  
Gymnázium Na Zatlance  
Gymnázium Nad Štolou  
Gymnázium Michle  
Gymnázium J.Seiferta  
Gymnázium Helichova  
Gymnázium Malostranské  
Gymnázium Christ.Doplera  
Gymnázium Nad Kavalírkou  
Gymnázium Písnická  
Gymnázium Arabská  
Gymnázium Na Vítězné pláni  
Gymnázium U Libeň.zámku  
Gymnázium Křesťanské  
Gymnázium Slovanské  
Gymnázium Německá škola  
SOŠ Křemencova

### **Mimopražské střední školy:**

Gymnázium Lipník nad Bečvou  
Gymnázium Karla Čapka, Dobříš  
Gymnázium Pacov  
Gymnázium Plasy  
Gymnázium Rakovník  
Gymnázium Blovice  
Gymnázium Slaný  
Gymnázium Kladno  
Gymnázium České Budějovice  
Gymnázium Podještědské Liberec

Gymnázium Roudnice nad Labem  
Gymnázium Milevsko  
Gymnázium Bruntál  
Gymnázium Kadaň  
Gymnázium Ostrava  
Gymnázium Bohosudov - Krupka  
Gymnázium Olomouc  
Gymnázium Ostrava-Hrabůvka  
Gymnázium Hlučín  
Gymnázium Bystřice nad Pernštejnem  
Gymnázium Mimoň  
Gymnázium Frýdek-Místek  
Gymnázium Kunovice, Uherské hradiště  
Gymnázium Ostrava- Zábřeh  
Gymnázium Zábřeh  
Gymnázium Třeboň  
Gymnázium Ledec nad Sázavou  
Gymnázium Ústí nad Labem  
Gymnázium Hustopeče  
Gymnázium Tachov  
Gymnázium Ostrov  
Gymnázium Tábor  
Gymnázium Strakonice  
Gymnázium Vrbno pod Pradědem  
Gymnázium Biskupské, Hradec Králové  
SOŠ Rybářská, Třeboň  
SOŠ v Humpolci  
SOŠ EP Veselí nad Lužnicí  
SOŠ Rokycany  
Gymnázium Česko-Anglické, České Budějovice

Dotazník k semináři

**Nukleární magnetická rezonance v teorii a praxi**

Aprobace učitele:

Název školy:

1. Byl pro Vás seminář přínosný?
2. Využijete poznatky ze semináře v praxi (na škole)?
3. CO pro Vás bylo nové a co jste naopak již znali?

Měli byste zájem o sbírku s návody na experimenty zaměřené na přírodní látky?

Zda-li ano, napište svůj email, sbírka Vám bude v průběhu příštího roku zaslána v pdf zdarma.

Děkujeme za vyplnění

Kontakty na nás:

opatova.michala@gmail.com, simona.hybelbauerova@gmail.com

Dotazník k semináři

**Pokusy na téma isoprenoidů**

Aprobace učitele:

Název školy:

1. Byly pro Vás některé z experimentů motivující? Myslíte, že je použijete v praxi?
2. Inspirovali jste se díky semináři k využití experimentů do projektové výuky?
3. Který z experimentů byl pro Vás neznámý a naopak který jste již znali?

Měli byste zájem o sbírku s návody na experimenty zaměřené na přírodní látky?

Zda-li ano, napište svůj email, sbírka Vám bude v průběhu příštího roku zaslána v pdf zdarma.

Děkujeme za vyplnění

Kontakty na nás:

opatova.michala@gmail.com, simona.hybelbauerova@gmail.com

## PŘÍLOHA 4: UKÁZKA VYPLNĚNÉHO DOTAZNÍKU V RÁMCI PROJEKTU 5P+

Dotazník k semináři

### Pokusy na téma isoprenoidů

Aprobace učitele: *CH - Bi*

Název školy: *ZŠ AMS Dolní Hbity*

1. Byly pro Vás některé z experimentů motivující? Myslíte, že je použijete v praxi? *ANO*  
*- ČÁSTEČNE*
2. Inspirovali jste se díky semináři k využití experimentů do projektové výuky? *ANO*
3. Který z experimentů byl pro Vás neznámý a naopak který jste již znali? *VĚTŠINA*
4. Měli byste zájem o sbírku s návody na experimenty zaměřené na přírodní látky? *ANO*  
Zda-li ano, napište svůj email, sbírka Vám bude v průběhu příštího roku zaslána v pdf zdarma. *bozena.pelcherova@seznam.cz*

Děkujeme za vyplnění


















Kontakt na nás:

opatova.michala@gmail.com, simona.hybelbauerova@gmail.com







## PŘÍLOHA 5: POUŽÍVANÉ CHEMIKÁLIE

Zde je výčet použitých chemikálií, zmiňovaných v návodech na experimenty, aby měl učitel představu, kolik stojí (vypsáno z [www.p-lab.cz](http://www.p-lab.cz) dne 26. 09. 2013) a jejich bezpečnostní opatření.

TABULKA 13: POUŽÍVANÉ CHEMIKÁLIE

Látka	Cena (s DPH)	Nebezpečné vlastnosti	Poznámka
Aceton (dimethylketon)	120 Kč/ 1l	 	
Amoniak (vodný roztok)	88 Kč/ 1l	 	
Benzoová kyselina	218 Kč/ 500g		
Citronová kyselina	166 Kč/ 1kg		
1,2-dichlorethan	383 Kč/ 1l	 	
Dichlormethan	188 Kč/ 1l		
Diethylether	303 Kč/ 1l	 	
Ethanol (ethylalkohol)	78 Kč/ 1l		
Ethylacetát (ethylester kyseliny octové)	138 Kč/ 1l	 	
Hexan	314 Kč/ 1l	  	

Hydrogenuhličitan sodný	110 Kč/ 1kg		
Hydroxid draselný	180 Kč/ 1kg		
Hydroxid sodný	118 Kč/ 1kg		
Hydroxid vápenatý	403 Kč/ 1kg		
Chlorid sodný	106 Kč/ 1kg		
Chlorid železitý	468 Kč/ 1kg		
Chloroform (trichlormethan)	181 Kč/ 1l		
Jablečná kyselina (DL)	820 Kč/ 1kg		
Jod	1765 Kč/ 500g		
Kyselina fosfomolybdenová	1225 Kč/ 5g		Sigma aldrich
Kyselina chlorovodíková	118 Kč/ 1l		
Kyselina sírová	135 Kč/ 1l		
Manganistan draselný	195 Kč/ 500g		
Síran měďnatý pentahydrát (modrá skalice)	432 Kč/ 1kg		

Petrolether	163 Kč/ 1l	 	
Propan-1-ol	230 Kč/ 1l	 	
Sacharosa	174 Kč/ 1kg		
Silikagel (oxid křemičitý)	861 Kč/ 1kg		
Síran ceričitý dihydrát	2584 Kč/ 100g		Sigma aldrich
Síran hořečnatý heptahydrát	228 Kč/ 1kg		
Vanilin	435 Kč/ 100g		
Vinná kyselina	500 Kč/ 1kg		

Složení AMC: síran ceřičitý 2 g, kyselina fosfomolybdenová 5 g, kyselina sírová 12 ml, voda 200 ml

## PŘÍLOHA 6: POUŽÍVANÉ POMŮCKY

---

Zde je výčet méně běžných pomůcek na SŠ, které byly zmiňovány v návodech na experimenty, aby měl učitel představu, kolik stojí (vypsáno z [www.p-lab.cz](http://www.p-lab.cz) dne 26. 09. 2013).

TABULKA 14: POUŽÍVANÉ MÉNĚ BĚŽNÉ POMŮCKY

Pomůcka	Cena (s DPH)	Poznámka
Extrakční přístroj Soxhlet (250 ml baňka)	1713 Kč	
Varná baňka 250 ml NZ 29/32	318 Kč	
Chladič spirálový 30 cm	704 Kč	
Horkovzdušná pistole	cca 1500 Kč	hobbymarkety
Skleněné kapiláry s ryskou (250 ks v balení)	308 Kč	
Vana chromatografická 6x5x10 cm	983 Kč	
TLC folie POLYGRAM SIL G/UV254 20x20 cm (25 ks)	3151 Kč	
Chromatografická kolona 300x20 mm	2155 Kč	
UV lampa	699 Kč	Euroterstery.cz



## PŘÍLOHA 7: NMR SPEKTRA

